

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KONFIGURASI DAN POSISI BREIS
EKSENTRIK TERHADAP PERILAKU BANGUNAN
STRUKTUR BAJA AKIBAT GAYA GEMPA
(*EFFECTS OF ECCENTRICALLY BRACE
CONFIGURATIONS AND POSITIONS ON STEEL
FRAME BUILDING DUE TO EARTHQUAKE LOAD*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Aditia Elvarando
14511107**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2020

TUGAS AKHIR

**PENGARUH KONFIGURASI DAN POSISI BREIS
EKSENTRIK TERHADAP PERILAKU BANGUNAN
STRUKTUR BAJA AKIBAT GAYA GEMPA
(EFFECTS OF ECCENTRICALLY BRACE
CONFIGURATIONS AND POSITIONS ON STEEL
FRAME BUILDING DUE TO EARTHQUAKE LOAD)**

Disusun oleh

**Aditia Elvarando
14511107**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 8 Juli 2020
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji I



Helmy Akbar Bale, Ir., M.T.
NIK: 885110105

Penguji II



Novi Rahmayanti, ST., M.Eng.
NIK: 155111306

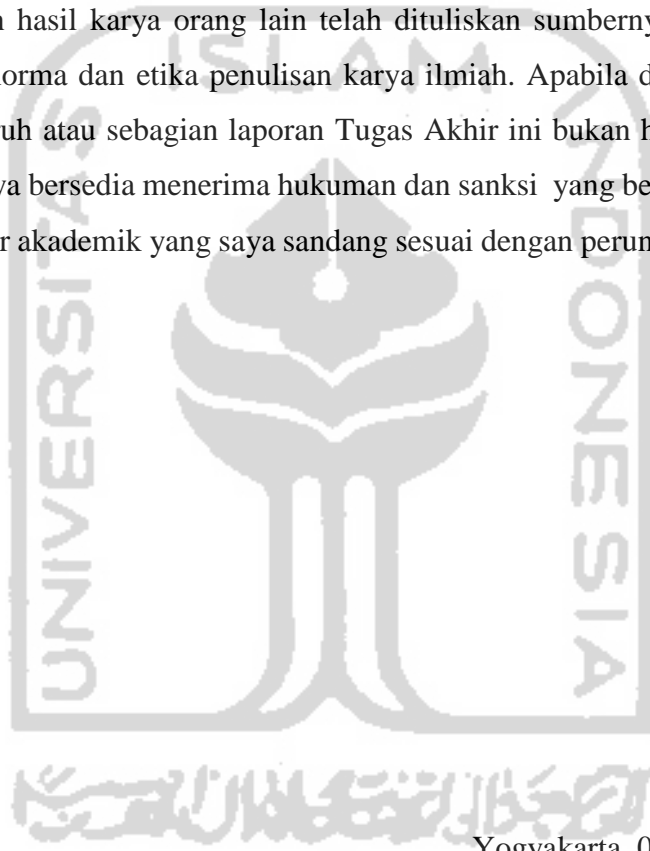
Mengesahkan,
Ketua Program Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 8851110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu (S1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu yang terdapat kutipan hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya dengan jelas sesuai dengan norma dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri maka saya bersedia menerima hukuman dan sanksi yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.



Yogyakarta, 08 Juli 2020

Yang membuat pernyataan



Aditia Elvarando

(14 511 107)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT penulis ucapkan atas karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Pengaruh Konfigurasi dan Posisi Breis Terhadap Perilaku Bangunan Struktur Baja Akibat Gaya Gempa*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses pengerjaan penelitian ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat doa, dukungan, saran dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Isran Idris, Ir., M.Si., selaku bapak dan Efa Dalila Amd. Keb. selaku ibu yang telah memberikan dukungan materil dan spiritual yang tak henti-hentinya sehingga menjadi motivasi bagi penulis,
2. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan saran dan masukan agar Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik,
4. Bapak Helmy Akbar Bale, Ir., M.T., selaku Dosen Penguji 1,
5. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji 2,
6. Vebidella Fitriani S.Farm., Apt., selaku kakak dan Olivia Isran selaku adik,
7. Ruli Maisenta, selaku sahabat teman seperjuangan dari tingkat SMA hingga mengerjakan Tugas Akhir bersama-sama, dan
8. Yudas Corp, selaku sahabat semasa kuliah dalam mengerjakan tugas dan hal-hal lainnya.

Yogyakarta, 8 Juli 2020
Yang membuat pernyataan

Aditia Elvarando
(14 511 107)



DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II	7
2.1 Struktur Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)	7
2.2 Penelitian Terdahulu	10
2.2.1 Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Stabilitas Struktur Yang Mengalami Beban Gempa (Sunariyati, Kurniawan, & Putra, 2009)	10
2.2.2 <i>Optimal Bracing Type and Position to Minimize Lateral Drift in High-Rise Buildings</i> (Alshamrani, Schierle, Galal, & Vergun, 2009)	11
2.2.3 Studi Perilaku Struktur <i>Eccentrically Braced Frame</i> (EBF) Akibat Beban Gempa dan Beban Siklik (Suswanto, Amalia, Isdarmanu, & Fajri, 2018)	12
2.2.4 Kajian Numerik Terhadap Kinerja <i>Link Geser</i> dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF) (Yurisman, Budiono, Moestopo, & Suarjana, 2010)	12

2.2.5 Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Konfigurasi Split-K Dengan Ketidakberaturan Horizontal (Puspitasari, 2014)	14
2.3 Keaslian Penelitian	14
BAB III	19
3.1 Konsep Dasar LRFD	19
3.2 Desain Stabilitas Struktur	19
3.2.1 Dasar Desain	19
3.2.2 Klasifikasi Penampang untuk Tekuk Lokal	20
3.2.3 Persyaratan Stabilitas Umum	21
3.2.4 Metode Desain Analisis Langsung	21
3.3 Material	23
3.3.1 Spesifikasi Material	23
3.3.2 Kekuatan Material Ekspektasi	23
3.4 Pembebanan	24
3.4.1 Beban Hidup	24
3.4.2 Beban Mati	24
3.4.3 Beban Notional	25
3.4.4 Beban Gempa	26
3.5 Kombinasi Pembebanan	34
3.5.1 Pengaruh Beban Gempa	35
3.5.2 Pengaruh Beban Gempa Dengan Faktor Kuat Lebih	36
3.6 Pengecekan Awal	37
3.9.1 Partisipasi Massa	37
3.9.2 Skala Gaya	37
3.9.3 Ketidakberaturan Bangunan	37
3.9.4 Pengecekan Asumsi Beban Notional	39
3.9.5 Pengecekan P-Delta	39
3.7 Perencanaan Struktur	40
3.7.1 Pelat	40
3.7.2 Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Aksial Tekan	40

3.7.3	Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Lentur	42
3.7.4	Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Geser	44
3.7.5	Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Kombinasi Tekan dan Lentur	46
3.8	Perencanaan SRBE	47
3.8.1	Perencanaan <i>Link</i>	47
3.8.2	Perencanaan Breising	49
3.8.3	Perencanaan Balok <i>Link</i>	49
3.8.4	Perencanaan Kolom <i>Link</i>	50
3.9	Analisis Perilaku Struktur	50
3.9.1	Kekakuan Struktur	50
3.9.2	Eksentrisitas Gedung	50
3.9.3	Simpangan antar Lantai	51
BAB IV		57
4.1	Data Perancangan	57
4.2	Model Struktur	57
4.3	Tahapan Penelitian	60
BAB V		64
5.1	Data Bangunan	64
5.2	Permodelan	64
5.3	Pembebanan	65
5.3.1	Beban Mati	65
5.3.2	Beban Hidup	65
5.3.3	Beban Notional	66
5.3.4	Beban Gempa	67
5.4	Kombinasi Pembebanan	69
5.5	Rekapitulasi Profil Digunakan	71
5.6	Analisis Pengaruh Konfigurasi dan Posisi Breis	75
5.6.1	Pengecekan Awal	75
5.6.2	Pengecekan Kapasitas Profil	81
5.6.3	Analisis Perilaku Struktur	89

5.6.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Konfigurasi Breis	105
5.6.5 Pembahasan Analisis Pengaruh Konfigurasi dan Posisi Breis	108
BAB VI	112
6.1 Kesimpulan	112
6.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	115
Lampiran 1 Ketidakberaturan Bangunan	116
Lampiran 2 Pengecekan Asumsi Beban Notional	131
Lampiran 3 Pengecekan P-Delta	134
Lampiran 4 Rekapitulasi Desain Kapasitas	138
Lampiran 5 Rekapitulasi Displacement	162
Lampiran 6 Hasil Analisis ETABS	167



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-bagian Bresing Eksentrik <i>D-shape</i>	7
Gambar 2. 2 Bagian-bagan Bresing Eksentrik <i>K-shape</i>	8
Gambar 2. 3 Penerapan SRBE <i>K-shape</i> di konstruksi	8
Gambar 2. 4 Penerapan SRBE <i>D-shape</i> di konstruksi	9
Gambar 2. 5 Perilaku Bresing <i>K-shape</i> Terhadap Gaya Lateral	9
Gambar 2. 6 Perilaku Bresing <i>D-shape</i> Terhadap Gaya Lateral	10
Gambar 3. 1 Peta Nilai Ss	27
Gambar 3. 2 Peta Nilai S1	28
Gambar 3. 3 Perilaku Kekakuan Struktur per Lantai	50
Gambar 3. 4 Penentuan Simpangan Antar Lantai	51
Gambar 4. 1 Denah Posisi Breis Muka	59
Gambar 4. 2 Denah Posisi Breis Tengah	59
Gambar 4. 3 <i>Flow Chart</i> Penelitian	62
Gambar 5. 1 Beban Notional ETABS	67
Gambar 5. 2 <i>Auto Lateral Quake Load</i>	68
Gambar 5. 3 Fungsi Respon Spektrum	69
Gambar 5. 4 Beban Gempa Dinamis	69
Gambar 5. 5 Kodefikasi Profil Posisi Breis Luar	72
Gambar 5. 6 Kodefikasi Profil Posisi Breis Dalam	72
Gambar 5. 7 Tampak Muka Permodelan dengan Breis	73
Gambar 5. 8 Tampak 3D Permodelan dengan Breis	73
Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Perioda Natural	90
Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Kekakuan per Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X	91
Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Kekakuan per Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah Y	92
Gambar 5. 12 Grafik Perbandingan Massa Analisis Konfigurasi Breis	93
Gambar 5. 13 Notasi Analisis Eksentrisitas	94

Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Eksentrisitas Analisis Konfigurasi Breis Arah X	97
Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Eksentrisitas Analisis Konfigurasi Breis Arah Y	97
Gambar 5. 16 Notasi Perletakan Titik Tinjau Analisis <i>Displacement</i>	98
Gambar 5. 17 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i> Maksimum Analisis Konfigurasi Breis Arah X	99
Gambar 5. 18 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i> Maksimum Analisis Konfigurasi Breis Arah Y	100
Gambar 5. 19 Grafik Perbandingan Simpangan antar Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X	104
Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Simpangan antar Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X	104



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Maktriks Penelitian Sebelumnya	16
Tabel 3. 1 Mutu Baja	23
Tabel 3. 2 Beban Hidup Merata dan Terpusat	24
Tabel 3. 3 Beban Mati	25
Tabel 3. 4 Kategori Resioko untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung	26
Tabel 3. 5 Faktor Keutamaan Gempa	27
Tabel 3. 6 Koefisien Situs, F_a	28
Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v	29
Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Perioda Pendek	31
Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Perioda 1 detk	31
Tabel 3. 10 Faktor R, Cd dan Ω_0 Pada Sistem Rangka Baja	31
Tabel 3. 11 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	33
Tabel 3. 12 Simpangan Antar Lantai Ijin	52
Tabel 3. 13 Rekapitulasi Landasan Teori	52
Tabel 5. 1 Beban Mati Bangunan	65
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Profil yang Digunakan	74
Tabel 5. 3 Dimensi Profil yang Digunakan	74
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Partisipasi Massa Analisis Konfigurasi Breis	75
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Skala Gaya Analisis Konfigurasi Breis	76
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Revisi Faktor Skala Gaya	77
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Kekakuan Lantai Analisis Konfigurasi Breis	91
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Massa Struktur Analisis Pengaruh Konfigurasi Breis	92
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Eksentrisitas Split-K Posisi Muka	95
Tabel 5. 10 Rekapitulasi Eksentrisitas Dshape Posisi Muka	95
Tabel 5. 11 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Tanpa Breis	95
Tabel 5. 12 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Split-K Posisi Dalam	96
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Dshape Posisi Dalam	96
Tabel 5. 14 Rekapitulasi <i>Displacement</i> Maksimum Analisis Konfigurasi Breis	98

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Split-K Posisi Muka	101
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Dshape Posisi Muka	101
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Bangunan Tanpa Breis	102
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai <i>Split-K</i> Posisi Dalam	102
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai <i>Dshape</i> Posisi Dalam	103
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Analisis Konfigurasi Breis	106



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- SRPM = Sistem Rangka Pemikul Momen
- SRBK = Sistem Rangka Bresing Konsentrik
- SRBE = Sistem Rangka Bresing Eksentrik
- LRFD = *Load Resistance Factor Design*
- ASD = *Allowable Stress Design*
- RAB = Rencana Anggaran Biaya
- AISC = *American Institute of Steel Construction*
- \emptyset = Diameter
- SNI = Standar Nasional Indonesia
- F_y = Tegangan leleh minimum, MPa
- F_u = kekuatan Tarik minimum, MPa
- E = modulus elastisitas baja, MPa
- P_u = Gaya tekan, kN
- N_i = beban notional yang digunakan pada level i
- Y_i = beban gravitasi yang digunakan pada level i
- S_s = parameter respons spectral percepatan gempa MCE_R untuk periode pendek,
- S_1 = parameter respons spectral percepatan gempa MCE_R untuk periode 1,0 detik
- C_s = Koefisien respons seismik, dan
- W = Berat seismic efektif.
- C_{vX} = Faktor distribusi vertikal
- V = Gaya lateral, kN
- w_i dan w_x = Berat seismic efektif total struktur pada tingkat i dan x
- h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
- k = Eksponen yang terkait pada perioda struktur
- d = Tinggi profil awal WF atau I,
- P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N,
- $P_c = \phi_c P_n = 0,9P_n,$

M_r = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi bebabn DFBK, Nmm,

$M_c = \phi_b M_n = 0,9M_n$.



ABSTRAK

Faktor geografis Indonesia yang rawan terhadap gempa mendorong adanya kebutuhan inovasi bangunan tahan gempa. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerugian yang terdampak akibat gempa tersebut. Salah satu inovasi teknologi yang ada adalah breis eksentrik. Breis eksentrik dianggap sebagai gabungan dari rangka pemikul momen dan breis konsentrik. Breis eksentrik sendiri memiliki beberapa konfigurasi dan dapat ditempatkan diberbagai lokasi.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konfigurasi dan posisi dari breis eksentrik agar dapat mengambil konfigurasi dan penempatan yang baik dalam perencanaan kelak. Konfigurasi tersebut adalah *Split-K* dan *D-shape* yang ditelakkan pada posisi luar. Setelah mendapatkan konfigurasi yang optimal kemudian dilakukan perbandingan posisi breis. Posisi breis yang akan dibandingkan adalah luar dan dalam dengan konfigurasi yang didapatkan dari analisis sebelumnya. Parameter yang dibandingkan adalah kapasitas rangka, periode natural, eksentrisitas, kekakuan, massa, displacement, simpangan dan efek P-Delta. Bangunan yang akan digunakan sebagai model adalah bangunan non-eksisting dengan jumlah lantai 10 dengan jarak antar lantai 4 m dan jarak antar kolom 6 m. Lokasi perencanaan adalah Yogyakarta.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa konfigurasi *Split-K* dan posisi luar sebagai konfigurasi yang paling terbaik. Konfigurasi *Split-K* unggul pada beberapa perilaku bangunan, yaitu periode, kekakuan, eksentrisitas dan *displacement*. Posisi breis yang paling efektif adalah posisi luar. Posisi luar unggul pada perilaku periode, eksentrisitas, *displacement*, simpangan dan kapasitas bangunan. Ketidakberaturan torsi juga terjadi di bangunan dengan breis di posisi dalam.

Kata kunci : struktur baja, SRBE, ETABS

ABSTRACT

Indonesia's geographical factor that vulnerable to earthquakes pushes the need to innovate in seismic resistance building. This innovation intends to reduce the damage caused by an earthquake. One of these technological innovations that exist is eccentrically bracing. Eccentrically brace frame is considered as a mix of Moment Resisting Frame (MRF) and Concentrically Brace Frame (CBF). Eccentrically Brace Frame (EBF) itself has many configurations and can be placed at any position.

This research is intended to compare the configuration and positions of eccentric brace for future use. The configurations are Split-K and D-shape with facade position. After the optimum configuration has been acquired then the position of the brace will be compared. The positions that will be compared are facade and core. Parameters used as comparison are frame capacity, natural period, eccentricity, stiffness, mass, displacement, drift, and P-Delta effect. The building that will be used as the model is a 10 story non-existing building. The distance between the columns is 6 m long and the distance between the storeys is 4 m high. The location is located in Yogyakarta.

From this research, the Split-K configuration and facade position are found to be the best configuration and position. Split-K configurations superiority can be found in period, stiffness, eccentricity and displacement. Facade position is excellent at period, stiffness, eccentricity, displacement, drift and frame capacity. Torsion irregularity also occurs in core position braced building.

Keyword : *steel structure, EBF, ETABS*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan letak geografis yang sangat rentan terhadap gempa. Pada tahun 2018 tercatat 2 (dua) kali gempa berskala besar yang terjadi dalam waktu berdekatan, yaitu di kepulauan Nusa Tenggara dan Pulau Sulawesi. Pada tahun-tahun sebelumnya Indonesia juga sudah merasakan gempa yang dahsyat seperti pada tahun 2004 di provinsi Aceh yang kemudian disusul tsunami dan pada tahun 2006 di D. I. Yogyakarta dan masih banyak lagi.

Dengan banyaknya gempa yang terjadi di Indonesia kemudian mendorong para peneliti untuk melakukan pengembangan terhadap teknologi infrastruktur tahan gempa. Pengembangan teknologi ini bertujuan untuk mengurangi tingkat kerugian, baik dari segi ekonomi maupun dari jumlah korban jiwa yang ditimbulkan. Pengembangan teknologi ini juga bertujuan untuk memberikan rasa aman terhadap masyarakat yang menghuni daerah yang rawan gempa.

Salah satu pengembangan teknologi struktur tahan gempa adalah penggunaan pengaku atau *bracing*. Pengaku ini bertujuan untuk mengurangi dampak dari gaya lateral yang ditimbulkan oleh gaya gempa. Bruneau (1998) dalam Yurisman (2010) mengatakan bahwa pada saat ini dikenal 3 (tiga) sistem struktur baja tahan gempa, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Rangka Bresing Konsentrik (SRBK) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) (Yurisman, Budiono, Moestopo, & Suarjana, 2010).

SRBE adalah sistem rangka yang menggabungkan antara SRBK dan SRPM. Popov dkk (1983-1986) dalam Yurisman (2010) mengatakan bahwa SRPM mempunyai kemampuan dissipasi energi yang cukup untuk memberikan daktilitas yang diperlukan, tetapi struktur yang dihasilkan kurang kaku sehingga memerlukan ukuran penampang yang lebih besar dan panel zona pelat ganda yang mahal untuk memenuhi persyaratan simpangan (*drift requirement*). Sedangkan SRBK secara efisien dapat memenuhi batas lendutan melalui aksi yang dihasilkan rangkanya,

tetapi tidak memberikan suatu mekanisme yang stabil terhadap dissipasi energi. Karena alasan tersebut kemudian dikembangkan suatu sistem struktur baru yang disebut dengan SRBE.

Bresing adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memperkecil nilai eksentrisitas dan meningkatkan stabilitas gedung. Penelitian sebelumnya juga telah menunjukkan bahwa bresing tipe eksentrik lebih baik digunakan pada bangunan yang mendapatkan gaya gempa yang lebih dominan, sedangkan bresing konsentrik lebih baik digunakan pada beban angin.

Bresing eksentrik memiliki beberapa konfigurasi permodelan. Beberapa konfigurasi yang dikenal saat ini adalah *D-braces*, *Split K-braces*, *V-braces*, *Split K and Inverted Split K-braces* dan *Inverted Y-braces*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1. Pada penelitian ini peneliti hanya membandingkan konfigurasi *D-braces* dan *Split-K braces*. Penggunaan kedua konfigurasi tersebut pada saat ini lebih umum untuk digunakan. Masing-masing konfigurasi ini memberi perilaku yang berbeda pada struktur. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk memahami keuntungan dan kekurangan dari masing-masing konfigurasi ini.

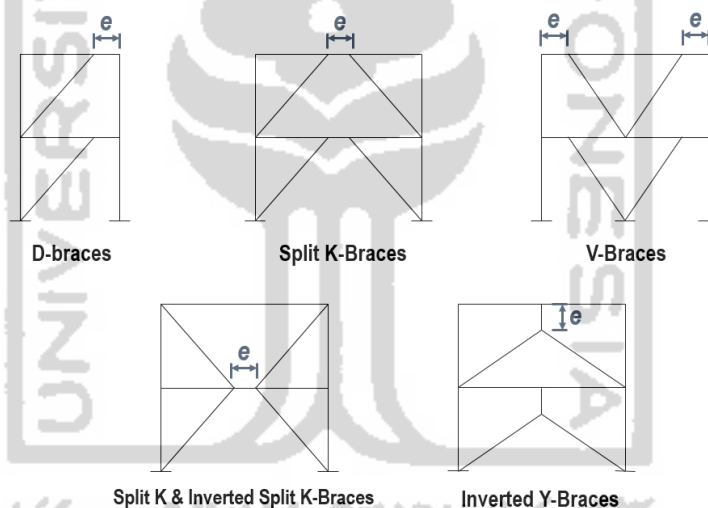
Penelitian sebelumnya juga menyebutkan bahwa perletakan breis di tengah (*core*) bekerja lebih baik terhadap beban angin (Alshamrani, Schierle, Galal, & Vergun, 2009). Hal ini kemudian mendorong peneliti untuk menganalisis kedua posisi breis tersebut pada bangunan terbebani beban gempa. Perbedaan terdapat pada gaya yang bekerja, pada penelitian sebelumnya beban yang bekerja adalah beban angin, pada penelitian ini beban yang bekerja adalah gaya gempa. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa penggunaan breis eksentrik lebih cocok digunakan di daerah dominan beban gempa daripada beban angin. Hal ini dikarenakan breis eksentrik lebih fleksibel dibandingkan dengan breis konsentrik.

Adanya gaya gempa yang terjadi dapat menyebabkan terganggunya kestabilan bangunan. Gaya gempa yang terjadi dapat menimbulkan eksentrisitas pada bangunan tidak beraturan. Eksentrisitas terjadi karena pusat rotasi dan pusat massa bangunan tidak berhimpitan sehingga dapat menimbulkan torsi. Eksentrisitas mempunyai pengaruh terhadap stabilitas gedung, semakin besar nilai eksentrisitas

maka semakin besar pula nilai periode natural struktur, gaya dalam dan lendutan (Sunaryati, Kurniawan dan Putra, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tentang perbandingan kinerja konfigurasi dan posisi dari breis. Fokus utama penelitian ini tidak untuk melihat pengaruh breis terhadap bangunan tanpa breis. Parameter yang diamati adalah periode, eksentrisitas, kekakuan, simpangan maksimum, simpangan per lantai dan periode bangunan. Setelah mengetahui perilaku yang terjadi pada tiap bangunan dengan bresing yang berbeda maka nanti dapat disimpulkan bresing yang bekerja paling optimal. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pelaku konstruksi dalam merancang bangunan struktur baja tahan gempa dengan bresing eksentrik.

Some possible bracing arrangement for EBFS



Gambar 1. 1 Contoh Konfigurasi Breis

(Engelhart, 2007)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh konfigurasi *D-brace* dan *Split-K brace* terhadap perilaku bangunan struktur baja?
2. Bagaimana pengaruh posisis breis di luar (*facade*) dan di dalam (*core*) terhadap perilaku bangunan struktur baja?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh konfigurasi *D-brace* dan *Split-K brace* terhadap perilaku bangunan struktur baja.
2. Mengetahui pengaruh posisis breis di luar (*facade*) dan di dalam (*core*) terhadap perilaku bangunan struktur baja.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat dibagi dalam tiga sudut pandang, antara lain sebagai berikut ini.

1. Peneliti

Peneliti dapat menentukan dan memahami desain struktur portal baja yang tepat sesuai dengan konsep Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) berdasarkan pada peraturan yang digunakan di Indonesia. Penelitian ini nantinya juga dapat digunakan oleh peneliti sebagai pengalaman untuk digunakan dalam dunia kerja.

2. Program Studi

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan minat peneliti lainnya untuk mendalami tentang struktur baja dan pengaku, baik itu dari segi desain maupun dari segi penelitian laboratorium.

3. Masyarakat

Penelitian ini bertujuan untuk memberi gambaran kepada masyarakat dan pelaksana tentang alternatif penggunaan bahan bangunan profil baja sebagai struktur utama suatu bangunan dengan penambahan pengaku atau *bracing* sebagai alat untuk mengurangi dampak yang dihasilkan oleh gempa. Penelitian ini juga bisa digunakan sebagai acuan dalam perancangan struktur bangunan lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Batasan pada peraturan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- a. SNI 1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (BSN, 2012)
 - b. SNI 1727:2012, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. (BSN, 2013)
 - c. ANSI/AISC 360-10, *Specification for Structural Building*. (ANSI/AISC, 2010)
 - d. ANSI/AISC 341-10, *Seismic Provisions for Structural Steel Building*. (ANSI/AISC, 2010)
2. Batasan pada permodelan yang akan digunakan adalah sebagai berikut ini.
- a. Lokasi bangunan di Yogyakarta.
 - b. Jenis tanah sedang.
 - c. Pembebanan yang digunakan adalah beban hidup, beban mati, beban notional dan beban gempa.
 - d. Permodelan didesain menggunakan Sistem Rangka B्रेसing Eksentrik (SRBE).
 - e. Konfigurasi untuk SRBE adalah *D-shape*, *inverted-V* dan *Split-K*.
 - f. Kedua konfigurasi permodelan SRBE menggunakan profil baja yang sama. Perbedaan hanya pada konfigurasi dan posisi breis.
 - g. Jarak antar kolom 6000 mm.
 - h. Jarak antar lantai 4000 mm.
 - i. Jumlah lantai 10.
 - j. Balok, kolom, *link* dan breis menggunakan profil baja.
3. Batasan pada perencanaan permodelan yang akan digunakan adalah sebagai berikut ini.
- a. Tidak merencanakan tangga dan *elevator*.
 - b. Tidak merencanakan detail pelat lantai dan pelat atap, pelat digunakan sebagai pembebanan pada model.
 - c. Tidak merencanakan struktur bawah (pondasi, *baseplate* dan kolom pedestal).
 - d. Tidak merencanakan sambungan.
 - e. Tidak merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

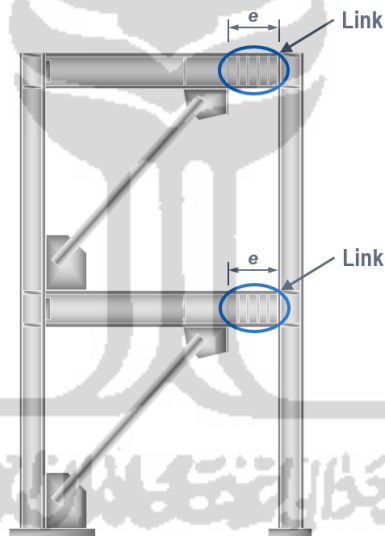
- f. Mutu baja menggunakan BJ 41 (f_y 250 MPa dan f_u 410 MPa).
 - g. Perencanaan dibantu dengan aplikasi ETABS.
 - h. Desain kapasitas yang direncanakan adalah balok, kolom, *link* dan *breis* sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. Batasan pada analisis penelitian adalah sebagai berikut ini.
- a. Membandingkan perioda natural.
 - b. Membandingkan eksentrisitas arah x dan y.
 - c. Membandingkan kekakuan.
 - d. Membandingkan *displacement* dan simpangan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

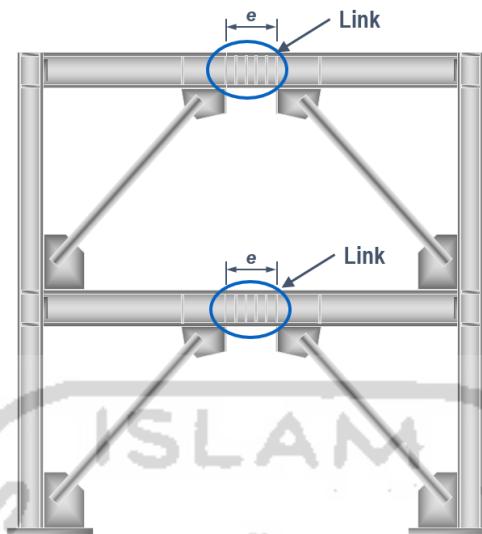
2.1 Struktur Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

SRBE adalah sistem rangka dengan balok, kolom dan bresing. Pada struktur ini paling tidak pada setiap ujung bresing dihubungkan dengan suatu bagian khusus untuk memisahkan antar bresing yang disebut dengan *link*. SRBE bisa dikatakan sebagai gabungan antara Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Struktur Rangka Bresing Konsentrik (SRBK). SRBE menyediakan daktilitas yang baik seperti SRPM tetapi juga menyediakan kekakuan elastis yang baik seperti SRBK. Untuk dapat lebih memahami bagian dari bresing eksentrik dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian Bresing Eksentrik *D-shape*

(Sumber : Engelhart 2006)



Gambar 2. 2 Bagian-bagan Bresing Eksentrik *K-shape*

(Sumber : Engelhart 2006)

Berberapa contoh penerapan SRBE di konstruksi dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2. 3 Penerapan SRBE *K-shape* di konstruksi

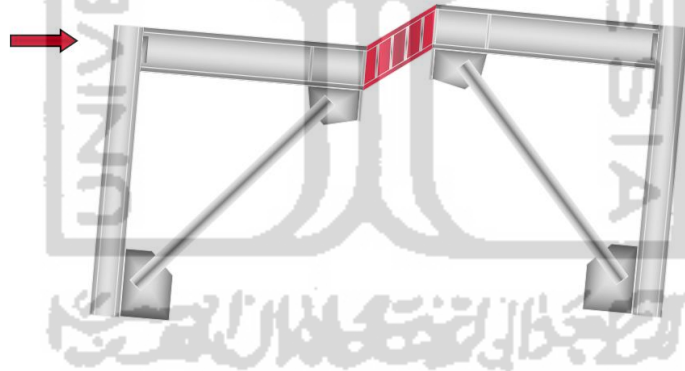
(Sumber : Engelhart 2006)



Gambar 2. 4 Penerapan SRBE *D-shape* di konstruksi

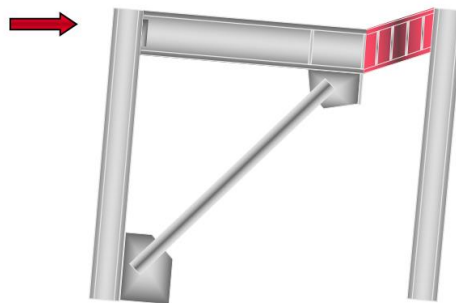
(Sumber : Engelhart 2006)

Perilaku dari bresing eksentrik ketika dibebani gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2. 5 Perilaku Bresing *K-shape* Terhadap Gaya Lateral

(Sumber : Engelhart 2006)



Gambar 2. 6 Perilaku B्रेसing *D-shape* Terhadap Gaya Lateral

(Sumber : Engelhart 2006)

Dalam perencanaan SRBE, balok direncanakan sedemikian rupa sehingga perilaku inelastic terjadi hanya terbatas pada link seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6. *Link* didesain sebagai bagian terlemah dari suatu struktur, lebih lemah dari pada balok diluar *link*, kolom dan bresing.

Link adalah daerah terproteksi (*protected zones*). Menurut AISC 341-10 *protected zones* adalah daerah dimana tidak diperbolehkan adanya baut, shot pins dan lubang pada daerah sayap. Karena itu kemudian daerah *link* tidak dapat dianggap sebagai balok komposit.

2.2 Penelitian Terdahulu

2.2.1 Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Stabilitas Struktur Yang Mengalami Beban Gempa (Sunariyati, Kurniawan, & Putra, 2009)

Salah satu faktor yang harus diperhatikan pada perencanaan bangunan tahan gempa adalah timbulnya momen torsi pada bangunan. Momen torsi tersebut timbul karena adanya eksentrisitas antara pusat massa bangunan dengan pusat rotasi bangunan. Letak pusat massa dan rotasi tidak selalu berada pada titik yang sama, khususnya pada bangunan dengan bentuk denah “C”.

Penelitian ini menggunakan gedung struktur beton sebagai objek penelitian. Gedung tersebut direncanakan dari eksentrisitas terbesar sampai terkecil. Jumlah lantai gedung adalah 7 lantai dengan total tinggi gedung 28 m, panjang gedung 36

m dan lebar gedung 48 m. Penelitian ini membandingkan nilai periode natural, gaya dalam dan lendutan dengan tiap gedung dengan eksentrisitas berbeda.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai eksentrisitas pada gedung semakin tinggi pula nilai periode natural, gaya dalam struktur dan lendutan yang terjadi.

2.2.2 *Optimal Bracing Type and Position to Minimize Lateral Drift in High-Rise Buildings* (Alshamrani, Schierle, Galal, & Vergun, 2009)

Pemilihan tipe bracing yang optimal dan posisinya dalam bangunan bertingkat banyak adalah faktor yang signifikan untuk mengontrol simpangan lateral yang diakibatkan beban lateral. Pengontrolan simpangan lateral sangat penting untuk menyediakan kenyamanan untuk manusia dan menghindari mabuk gerak (*motion sickness*). Selain itu, simpangan lateral juga dapat menimbulkan bahaya untuk kehidupan dan dapat menyebabkan kegagalan muka bangunan, atau bahkan menyebabkan keruntuhan bangunan.

Penelitian ini membandingkan 4 tipe bresing yaitu, *cross bracing*, *chevron shape bracing*, *single diagonal bracing*, dan *eccentric bracing*. Penelitian ini menggunakan 2 tipe perletakan bresing yaitu, inti bangunan dan permukaan bangunan. Tiap tipe bresing dan posisinya harus memenuhi kriteria meminimalkan simpangan lateral dan hubungannya dengan aspek arsitektural. Penelitian menggunakan gedung 40 lantai dengan ketinggian 520 kaki (158,496 m). Beban lateral yang diaplikasikan adalah beban angin karena lokasi penelitian yang terletak di Saudi Arabia (beban angin lebih dominan daripada beban gempa).

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa penggunaan bresing penting untuk mengurangi simpangan lateral dan berat bangunan serta meningkatkan stabilitas. Tipe bresing yang paling efektif adalah tipe *chevron shape bracing*. Dari penelitian ini juga didapatkan bahwa menempatkan bresing di bagian inti bangunan lebih baik dari pada menempatkannya pada bagian muka bangunan (*facade*). Bresing eksentrik adalah tipe yang paling fleksibel, tetapi tipe ini sangat dianjurkan pada daerah dengan dominan beban gempa, bukan beban angin.

2.2.3 Studi Perilaku Struktur *Eccentrically Braced Frame* (EBF) Akibat Beban Gempa dan Beban Siklik (Suswanto, Amalia, Isdarmanu, & Fajri, 2018)

Pada perencanaan struktur tahan gempa baja masih menjadi pilihan favorit para praktisi teknik sipil. Hal ini dikarenakan kekuatan yang relatif tinggi dan sifat elastis baja yang memberikan daktilitas dan dissipasi energi yang lebih baik daripada beton. Salah satu sistem struktur yang dapat digunakan adalah *Eccentrically Braced Frame* (EBF) yang memiliki daerah yang disebut dengan *link*. Tiga kriteria *link* yang memungkinkan adalah *short link* (EBF-S), *intermediate link* (EBF-I) dan *long link* (EBF-L). Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan memahami kinerja dari ketiga tipe *link* tersebut.

Analisis penelitian akan menggunakan objek bangunan 10 lantai dengan EBF tipe *K-Split Braces*. Variasi akan dilakukan pada tipe *link* yang akan digunakan. Analisis gaya dalam dan *pushover* akan menggunakan bantuan *software* ETABS. Untuk analisis mikro terhadap satu portal akan menggunakan ABAQUS versi 6.14. Hasil dari penggunaan kedua aplikasi ini nantinya akan dibandingkan.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa simpangan lateral yang dihasilkan oleh EBF-S lebih kecil dibandingkan dengan tipe *link* lainnya. Tipe EBF-S memiliki gaya geser dasar *ultimate* yang lebih besar dibandingkan tipe *link* lainnya, sehingga lebih bisa menyerap energi dissipasi akibat beban gempa. Dari permodelan dengan ABAQUS didapatkan bahwa kelelahan pada tipe EBF-S terjadi di seluruh badan *link* akibat geser, pada tipe EBF-I kelelahan terjadi pada sebagian badan dan tepi *link* akibat geser dan lentur, sedangkan pada tipe EBF-L kelelahan terjadi pada tepi *link* akibat lentur. Nilai besaran simpangan lateral yang dihasilkan menurut analisis ETABS dan ABAQUS tidak terlalu jauh yaitu 5%. Tipe EBF-S memiliki luas bidang tegangan regangan yang lebih besar dari model lainnya sehingga menunjukkan tipe EBF-S memiliki daktilitas dan kemampuan dissipasi energi yang paling baik.

2.2.4 Kajian Numerik Terhadap Kinerja *Link* Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF) (Yurisman, Budiono, Moestopo, & Suarjana, 2010)

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur tahan gempa dengan kinerja yang sangat baik. Dari hasil riset yang dilakukan saat ini dikenal beberapa sistem struktur tahan gempa, yaitu Rangka Penahan Momen (MRF), Rangka berpengaku konsentrik (CBF) dan Rangka berpengaku eksentrik (EBF). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sistem struktur EBF yang mempunyai kinerja maksimum dengan peningkatan kinerja elemen link.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) metode, yaitu studi numerik dan studi eksperimental. Studi numerik dilakukan sebagai langkah awal untuk melihat perilaku elemen *link* sebagai balok yang terkekang pada kedua ujungnya. Hasil studi numerik akan divalidasi dengan studi eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur PAU-ITB. Parameter yang diamati antara lain jarak pengaku badan, tebal pengaku badan, tebal pengaku diagonal badan dan beberapa model geometrik pengaku badan. Studi numerik dilakukan dengan pendekatan elemen hingga dimana *link* dimodelkan sebagai elemen *shell* CQUAD dengan bantuan perangkat lunak MSC/NASTRAN dan dijepit pada kedua ujung kakinya dalam 6 DOF, 3 rotasi dan 3 translasi. Pembebanan akan dilakukan dengan tipe statik monotik dan kuasi statik (siklik). Panjang balok *link* digunakan 400 mm dengan profil baja 200.100.

Dari penelitian ini didapatkan indikasi bahwa pengaku diagonal badan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja elemen link. Pengaruh tersebut antara lain kemampuan *link* dalam menahan beban geser, kekakuan inelastic dan dissipasi energi. Dari penelitian ini juga disimpulkan bahwa tebal dan jarak pengaku vertikal tidak mempunyai pengaruh yang signifikan dalam peningkatan kinerja *link* geser sekalipun ketentuan tentang tebal dan jarak link telah diatur dalam AISC 2005. Dari penelitian ini juga didapatkan bahwa ketebalan dan konfigurasi pengaku diagonal mempunyai pengaruh signifikan terhadap kinerja link geser. Semakin tinggi ketebalan pengaku maka kemampuan link geser juga semakin meningkat, begitu juga dengan dissipasi energi. Menghilangkan pengaku vertikal tidak mempunyai pengaruh terhadap kinerja elemen *link*.

2.2.5 Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Konfigurasi Split-K Dengan Ketidakberaturan Horizontal (Puspitasari, 2014)

Melihat banyaknya gempa yang terjadi di Indonesia mengakibatkan ketertarikan perhatian terhadap struktur bangunan tahan gempa semakin meningkat. Struktur baja terdiri dari berbagai jenis sistem rangka, antara lain Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Rangka Berpengaku Konsentris (SRBK) dan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris.

Dalam penelitian ini akan dibahas tentang perencanaan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE) konfigurasi *Split-K*. Gedung yang direncanakan terdiri dari 13 lantai dengan ketidakberaturan horizontal. Secara geometri struktur juga memiliki ketidakberaturan sudut dalam. Kedua struktur dimodelkan dengan geometri struktur dan fungsi bangunan yang sama dengan perbedaan pada jumlah sistem rangka pemikul yang berbeda (*2 bay* dan *4 bay*). Struktur juga akan dibandingkan dengan SRBK dan Sistem Rangka Berpengaku Tahan Tekuk (SRBTT).

Berdasarkan evaluasi kinerja struktur dengan analisis static non-linear beban dorong dan analisis dinamik non-linear riwayat waktu didapatkan bahwa mekanisme keruntuhan kedua struktur sesuai dengan perencanaan. Struktur juga berada pada kondisi aman dengan level kinerja kategori LS (*life safety*). Bresing dengan tipe 4-bay menghasilkan berat struktur yang lebih ringan dan perpindahan struktur yang lebih kecil daripada struktur dengan tipe 2-bay. SRBE juga memiliki kekakuan yang lebih besar daripada SRBK dan SRBTT dilihat dari periode dan perpindahan struktur yang lebih kecil.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap beberapa tipe konfigurasi dari SRBE. Penelitian ini dilakukan pada gedung bertingkat banyak yang dirancang sendiri dengan jumlah 10 lantai. Gedung yang akan didesain akan berlokasi di Yogyakarta. Pada akhir penelitian ini nantinya diharapkan akan dapat dipahami perbedaan perilaku dari beberapa konfigurasi dan

posisi ini sehingga nantinya dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan tipe dan penempatan breis. Geometri dari gedung sendiri terinspirasi dari penelitian yang dilakukan oleh Puspitasari (2014) dengan perbedaan tempat, fungsi bangunan, luas bangunan dan konfigurasi.



Tabel 2. 1 Maktriks Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Pengarang dan Tahun Terbit	Objek	Metode	Aspek Penelitian	Hasil Penelitian
1	Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Stabilitas Struktur Yang Mengalami Beban Gempa	(Sunaryati, Kurniawan dan Putra, 2009). Universitas Andalas. Padang	Gedung struktur beton 7 lantai tidak beraturan (C shape)	Membandingkan pengaruh nilai eksentrisitas (4 varian gedung) terhadap perilaku struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Periode natural - Gaya dalam - Lendutan 	<ul style="list-style-type: none"> - Menyimpulkan bahwa semakin tinggi eksentrisitas maka semakin tinggi nilai periode natural, gaya dalam struktur dan lendutan
2	<i>Optimal Bracing Type and Position to Minimize Lateral Drift in High-Rise Building</i>	(Alshamrani, Schierle, Galal, & Vergun, 2009). Concordia University, Canada	Gedung Struktur Baja 40 lantai, beraturan.	Membandingkan kinerja antara 4 tipe bresing (Chevron Shape, Single Diagonal, Cross dan Eccentric) dengan 2 penempatan (luar dan dalam bangunan)	<ul style="list-style-type: none"> - Simpangan lateral - Penurunan simpangan lateral - Perbandingan tiap tipe bresing dan penempatan 	<ul style="list-style-type: none"> - Bresing konsentrik tipe <i>cross braced</i> paling efektif menurunkan nilai simpangan - Bresing eksentrik baik digunakan di beban gempa dominan

Lanjutan Tabel 2.1

3	Kajian Numerik Terhadap Kinerja <i>Link</i> Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF)	(Yurisman, Budiono, Moestopo, & Suarjana, 2010). Institut Teknologi Bandung	Balok berpengu diagonal, WF 200.100	Analisis elemen hingga pada <i>software</i> MSC/NASTRAN pada <i>link</i> berpengu diagonal dengan variasi tebal dan jarak secara numerik dan eksperimental	- Studi numerik - Studi eksperimental - Pengaruh variasi tebal dan jarak <i>link</i>	- Jarak dan tebal <i>link</i> tidak berpengaruh pada pengaku <i>link</i> biasa dan berpengaruh pada <i>link</i> diagonal
4	Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa Sistem Rangka Berpengaku Eksentris Konfigurasi Split-K Dengan Ketidakberaturan Horizontal	(Puspitari, 2014). Institut Teknologi Bandung	Gedung baja bresing eksentris berlantai 13 dengan konfigurasi <i>Split-K</i> 2-bay dan 4-bay	merencanakan dan membandingkan sistem rangka bresing eksentris 2-bay, 4-bay, sistem rangka bresing konsentrik dan sistem rangka berpengu tahan tekuk	- Kontrol gaya dalam - Perbandingan simpangan, berat bangunan dan gaya dalam - Evaluasi kinerja struktur	- Bresing eksentrik tipe 4-bay lebih baik daripada tipe 2-bay - Evaluasi kinerja struktur sesuai dengan perencanaan dan masih masuk dalam kategori aman LS (<i>Life Safety</i>)

Lanjutan Tabel 2.1

5	Studi Perilaku Struktur <i>Eccentrically Braced Frame</i> (EBF) Akibat Beban Gempa dan Beban Siklik	(Suswanto, Amalia, Isdarmanu, & Fajri, 2018). Institut Teknologi Sepuluh Noverber.	Gedung Struktur Baja, 10 lantai, pembalokan <i>typical</i>	Membandingkan 3 tipe link (<i>Short Link, Intermediete Link, Long Link</i>) dengan bantuan 2 program (ETABS dan ABAQUS)	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis Pushover - Simpangan Lateral - Luas tegangan-regangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Link EBF-Short terbukti memiliki luas diagram tegangan rengangan yang lebih baik - Gaya geser dasar ultimate yang lebih besar - Simpangan lateral lebih kecil
6	Studi Perbandingan Kinerja Bresing Eksentrik Terhadap Perilaku Struktur Baja Akibat Beban Gempa	Aditia Elvarando, 2019. Universitas Islam Indonesia	Gedung Struktur Baja Bertingkat Banyak	SRBE dengan Balok dan Kolom Profil WF	<ul style="list-style-type: none"> - Bresing Struktur utama - Perbandingan antar tipe bresing eksentrik 	-

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Konsep Dasar LRFD

Dalam perencanaan struktur baja dikenal dua konsep perencanaan, yaitu berdasarkan tegangan kerja atau *working stress design* (*Allowable Stress Design/ASD*) dan perencanaan kondisi batas limit atau *limit states design* (*Load and Resistance Factor Design/LRFD*). Penggunaan metode ASD telah digunakan selama kurang lebih 100 tahun. Dalam 20 tahun terakhir perencanaan struktur mulai beralih ke konsep LRFD yang lebih rasional dengan berdasarkan pada konsep probabilitas (Setiawan, 2008).

3.2 Desain Stabilitas Struktur

3.2.1 Dasar Desain

Desain harus ditentukan berdasarkan ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) atau Desain Kekuatan Izin (DKI). Pada perencanaan ini digunakan DFBK atau dikenal juga dengan LRFD yang sudah dijelaskan sebelumnya. Desain yang memenuhi DFBK adalah bila kekuatan desain setiap elemen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK. Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$R_u \leq \phi R_n \tag{3.1}$$

Dimana:

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi pembebanan DFBK,

R_n = kekuatan nominal,

ϕ = faktor ketahanan, dan

ϕR_n = kekuatan desain.

3.2.2 Klasifikasi Penampang untuk Tekuk Lokal

1. Kondisi Tekan

Pada kondisi tekan penampang diklasifikasikan sebagai elemen non-langsing dan elemen langsing. Pada perencanaan ini profil IWF direncanakan termasuk dalam elemen langsing, sehingga $\lambda_p \leq \lambda_r$. Batasan rasio penampang pada kondisi tekan adalah sebagai berikut ini.

a. Sayap

$$b/t \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.2)$$

b. Badan

$$h/t_w \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.3)$$

2. Kondisi Lentur

Pada kondisi lentur penampang diklasifikasikan menjadi penampang kompak, non kompak dan penampang lemen langsing. Pada perencanaan ini profil IWF direncanakan termasuk dalam elemen kompak, sehingga $\lambda_p \leq \lambda_r$. Batasan rasio penampang pada kondisi lentur adalah sebagai berikut ini.

a. Sayap

$$b/t \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.4)$$

b. Badan

$$h/t_w \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.5)$$

3.2.3 Persyaratan Stabilitas Umum

Efek terhadap stabilitas struktur dan elemen-elemennya harus mempertimbangkan hal-hal berikut ini.

1. Lentur, geser dan deformasi komponen struktur aksial, dan semua deformasi lainnya yang memiliki kontribusi terhadap perpindahan struktur.
2. Efek ordo kedua, yaitu efek $P - \Delta$ dan efek $P - \delta$.
3. Ketidaksempurnaan geometri.
4. Reduksi kekakuan.
5. Ketidakpastian dalam kekakuan dan kekuatan.

Terdapat 2 (dua) metode yang diperbolehkan digunakan sebagai metode desain, yaitu metode analisis langsung dan metode alternatif desain. Pada perencanaan ini digunakan metode analisis langsung.

3.2.4 Metode Desain Analisis Langsung

1. Persyaratan Umum.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut ini.

- a. Memperhitungkan deformasi lentur, geser dan aksial dari komponen struktur dan deformasi dari semua komponen lainnya. Analisis harus memperhitungkan reduksi kekakuan yang berkontribusi pada stabilitas struktur.
 - b. Harus menggunakan analisis ordo-kedua yang memperhitungkan efek $P - \Delta$ dan efek $P - \delta$.
 - c. Harus mempertimbangkan semua beban gravitasi dan beban-beban lainnya yang mempengaruhi stabilitas struktur.
 - d. Untuk desain DFBK, analisis ordo-kedua harus menggunakan beban terfaktor DFBK.
- #### 2. Pertimbangan Ketidaksempurnaan Awal.

Efek ketidaksempurnaan awal pada struktur harus diperhitungkan dengan permodelan langsung dari ketidaksempurnaan atau melalui penggunaan beban *notional*. Pada penelitian ini digunakan beban *notional* sebagai pertimbangan

ketidaktepatan geometri struktur. Persyaratan penggunaan beban nominal adalah sebagai berikut ini.

- a. Beban *notional* digunakan sebagai beban lateral pada semua level. Beban *notional* juga harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi pembebanan.
 - b. Beban *notional* di setiap level harus didistribusikan diatas level itu dengan cara yang sama seperti beban gravitasi pada level tersebut. Beban *notional* harus diberikan pada arah yang memberi efek destabilisasi terbesar.
 - c. Koefisien beban *notional* sebesar 0,002 diperoleh berdasarkan suatu rasio kemiringan tingkat sebesar 1/500. Nilai maksimum yang berbeda boleh digunakan untuk menaksir koefisien beban *notional* secara proporsional.
 - d. Pada struktur dimana simpangan orde-kedua/simpangan orde-pertama $\leq 1,7$ diizinkan menggunakan beban *notional* hanya pada kombinasi beban gravitasi saja dan bukan pada kombinasi beban-beban lateral lainnya.
3. Penyesuaian Terhadap Kekakuan.

Analisis struktur yang memperhitungkan kekuatan perlu harus menggunakan kekakuan yang direduksi sebagai berikut ini.

- a. Menggunakan faktor 0,80 pada semua kekakuan yang berkontribusi.
- b. Suatu faktor penambah (τ_b) harus digunakan pada kekakuan lentur dari semua komponen struktur yang mempengaruhi stabilitas. Nilai τ_b diperhitungkan dengan persamaan berikut ini.

- 1) Bila $\alpha P_r/P_y \leq 0,5$

$$\tau_b = 1,0 \quad (3.6)$$

- 2) Bila $\alpha P_r/P_y > 0,5$

$$\tau_b = 4(\alpha P_r/P_y)[(1 - \alpha P_r/P_y)] \quad (3.7)$$

Desain stabilitas struktur akan menggunakan bantuan ETABS dengan memperhitungkan persyaratan yang ditentukan sebelumnya yaitu menggunakan metode analisis langsung.

3.3 Material

3.3.1 Spesifikasi Material

Pada AISC/ANSI 341-10 dijelaskan bahwa tegangan leleh minimum (F_y) tidak boleh melebihi 50 ksi (345 MPa). Mutu baja yang lebih dari 345 MPa dianggap terlalu getas untuk digunakan sebagai struktur baja tahan gempa.

3.3.2 Kekuatan Material Ekspektasi

Ketika akan mendesain kekuatan nominal (R_n) untuk kondisi batas pada daerah elemen sekering (dalam hal ini *link*), kekuatan nominal diperbolehkan dihitung berdasarkan tegangan leleh (F_y). Untuk mendesain elemen lainnya (breising, balok link dan kolom link) harus menggunakan tegangan leleh ekspektasi ($R_y F_y$) dan kuat tarik ekspektasi ($R_t F_u$). Disebutkan dalam ANSI/AISC 341-10 Tabel A3.1, nilai $R_y = 1,3$ dan $R_t = 1,1$ untuk mutu baja BJ 41 ($F_y = 210 \text{ MPa}$).

Persyaratan material baja menurut AISC 360-10 menggunakan sifat-sifat mekanis yang sama, antara lain sebagai berikut ini.

1. Modulus elastisitas baja, E = 200.000 MPa.
2. Modulus geser, G = 80.000 MPa.
3. Angka *Poisson*, ν = 0,3.
4. Koefisien muai panjang, α = $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Klasifikasi jenis baja menurut SNI 03-1729-2002 dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (MPa)	Tegangan Leleh Minimum, f_y (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

3.4 Pembebanan

3.4.1 Beban Hidup

Perencanaan pembebanan beban hidup didasarkan pada peraturan SNI 1727:2013 Tabel 4-1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2 Beban Hidup Merata dan Terpusat

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	
Ruang computer	100 (4,79)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	100 (4,79) ^a	
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,40)

3.4.2 Beban Mati

Pembebanan beban mati dalam perencanaan ini didasari pada Pedoman Perencanaan Pembebanan dan Gedung 1987. Beban mati ini meliputi beban sendiri dari struktur yang ada pada perencanaan. Untuk lebih jelasnya dapat melihat Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3. 3 Beban Mati

Material	Berat	Keterangan
Bahan bangunan		
Baja	7850	kg/m ³
Beton bertulang	2400	kg/m ³
Pasir	1800	kg/m ³
Mortar/spesi 1 cm	2200	kg/m ³
Komponen gedung		
Keramik per cm tebal	24	kg/m ²
Pasangan bata ringan setengah bata	60	kg/m ²
Adukan semen per cm tebal	21	kg/m ²
Langit-langit tanpa penggantung tebal 4 mm	11	kg/m ²
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk	50	kg/m ²
<i>Ducting</i> mekanikal	20	kg/m ²
<i>Floordeck</i> Alsun FD 600	10,1	kg/m ²
Penutup atap	50	kg/m ²
Sagrod (diameter 10 mm)	6	kg/m

3.4.3 Beban Notional

Beban notional adalah beban lateral virtual yang diaplikasikan pada portal untuk mewakili efek ketidaksempurnaan suatu geometri, khususnya ketidaksempurnaan kolom. Pembebanan *notional* sesuai dengan AISC 360-10 *Section C2.2b*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$N_i = 0,002 \alpha Y_i \quad (3.8)$$

Dengan :

$$\alpha = 1,0 \quad (3.9)$$

Keterangan :

N_i = beban notional yang digunakan pada level i , dan

Y_i = beban gravitasi yang digunakan pada level i .

3.4.4 Beban Gempa

Pada penelitian ini pembebanan gempa didasarkan pada peraturan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Tahapan perhitungan beban gempa adalah sebagai berikut.

1. Kategori Resiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

a. Kategori Resiko Bangunan.

Untuk kategori resiko bangunan dapat dilihat pada Tabel 1 – Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa di SNI 1726:2012.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Kategori Resiko untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan.	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV.	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan. Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan. Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan instansi yang berwenang.	III

Lanjutan Tabel 3.4

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting.	IV
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk dalam kategori risiko IV.	

b. Faktor Keutamaan Gempa.

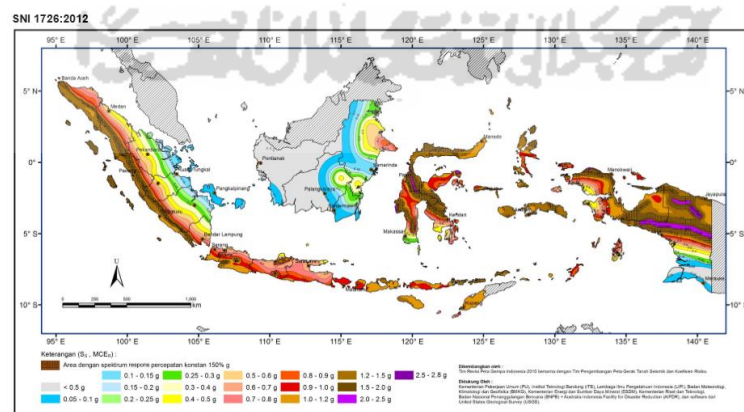
Untuk faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada Tabel 2 – Faktor keutamaan gempa di SNI 1726:2012. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

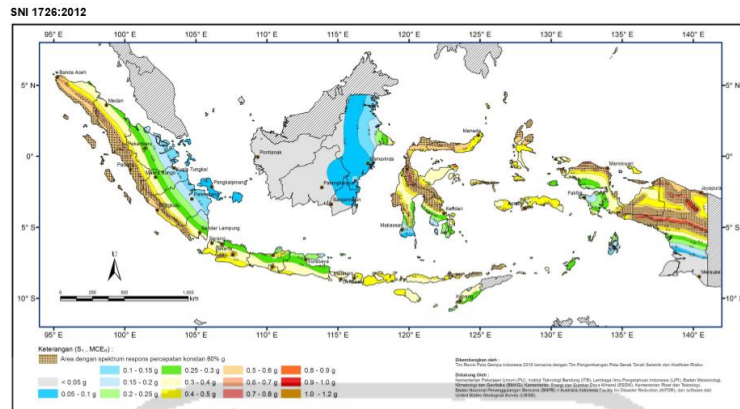
Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2. Parameter percepatan tanah.

Nilai parameter percepatan dapat ditentukan berdasarkan lampiran yang ada di SNI 1726:2012 seperti Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut ini.

Gambar 3.1 Peta Nilai S_g



Gambar 3. 2 Peta Nilai S_1

3. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget (MCE)

Percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \tag{3.10}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \tag{3.11}$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R untuk periode pendek,

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R untuk periode 1,0 detik.

Untuk mendapatkan nilai F_a dan F_v dapat menggunakan interpolasi linear pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3. 6 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, T=0,2				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Lanjutan Tabel 3.6

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				

Tabel 3. 7 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spectral percepatan gempa terpetakan pada periode pendek, $T=1$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$
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				

4. Parameter Percepatan Desain.

Parameter percepatan desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.13)$$

5. Spektrum Respons Desain

Variabel yang harus diperhitungkan terlebih dahulu adalah sebagai berikut ini.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.14)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.15)$$

Ketentuan yang harus dipenuhi pada spektrum respons desain adalah sebagai berikut ini.

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (S_a) harus diambil berdasarkan persamaan berikut ini.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.16)$$

- b. Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS} .
- c. Untuk perioda yang lebih besar dari T_S , spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.17)$$

Keterangan:

- S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek,
 S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 dt, dan
 T = periode getar fundamental struktur.

6. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik periode pendek dan periode 1 detik dapat ditentukan berdasarkan perbandingan parameter percepatan desain dan kategori risiko. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3. 8 Kategori Desain Seismik Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,87$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 < S_{DS}$	D	D

Tabel 3. 9 Kategori Desain Seismik Perioda 1 detk

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

7. Menentukan Koefisien Modifikasi Respons (R), Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)

Nilai faktor tersebut diambil berdasarkan Tabel 9 – SNI 1726:2015. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3. 10 Faktor R , C_d dan Ω_0 Pada Sistem Rangka Baja

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				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
1. Rangka Baja Dengan Bresing Eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka Baja Dengan Bresing Konsentrik Khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30

Lanjutan Tabel 3.10

3. Rangka Baja dengan Bresing Konsentrik Biasa	3 1/4	2	3 1/4	TB	TB	10	10	TI
4. Rangka Baja Pemikul Momen Khusus	8	3	5 1/2	TB	TB	TB	TB	TB

5. Prosedur Gaya Ekuivalen Lateral

a. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$V = C_x W \quad (3.18)$$

Dengan :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.19)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.20)$$

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.21)$$

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.22)$$

Keterangan :

V = Geser dasar seismic,

C_s = Koefisien respons seismik, dan

W = Berat seismic efektif.

b. Penentuan Periode

Periode fundamental pendekatan dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.23)$$

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur, m,

C_t dan x dapat menggunakan tabel 15 – SNI 1729:2012. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut ini.

Tabel 3. 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentrik	0,0731 ^a	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731 ^a	0,75
Sistem Struktur Lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sebagai alternatif periode fundamental pendekatan (T_a) dapat menggunakan persamaan berikut ini jika jumlah lantai bangunan tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dengan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1 N \quad (3.24)$$

c. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini.

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.25)$$

Dimana :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.26)$$

- $T \leq 0,5$ dt maka $k = 1$
 $T \geq 2,5$ dt maka $k = 2$
 $0,5 < T < 2,5$ maka $k =$ interpolasi linear antara 1 – 2.

Keterangan :

- C_{VX} = Faktor distribusi vertikal,
 V = Gaya lateral, kN,
 w_i dan w_x = Berat seismik efektif total struktur pada tingkat i dan x ,
 h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x ,
 k = Eksponen yang terkait pada perioda struktur.

d. Distribusi Horisontal Gaya Gempa

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.27)$$

3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Peraturan yang digunakan adalah SNI 1727:2013 pasal 4.2.2. Kombinasi pembebanan tersebut antara lain sebagai berikut ini.

1. 1,4D.
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau R).
3. 1,2D + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5W).
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S atau R).
5. 1,2D + 1,0E + L
6. 0,9D + 1,0W.
7. 0,9D + 1,0E.

Keterangan:

- D = beban mati yang terjadi pada gedung yang diakibatkan oleh dinding, lantai, atap, partisi dan lain-lain,

- L = beban hidup yang terjadi pada gedung yang diakibatkan oleh fungsi penggunaan gedung,
 L_r = beban hidup yang terjadi akibat beban pekerja pada atap,
 R = beban hujan,
 W = beban angin,
 N = beban notional, dan
 E = beban gempa statik ekuivalen.

3.5.1 Pengaruh Beban Gempa

Pada penggunaan kombinasi beban 5, E ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$E = E_h + E_v \quad (3.28)$$

Pada penggunaan kombinasi beban 7, E ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$E = E_h - E_v \quad (3.29)$$

1. Pengaruh gaya gempa horizontal, E_h

Pengaruh beban gempa horizontal ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.30)$$

Dimana:

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p , dan

ρ = faktor redudansi.

2. Pengaruh gaya gempa vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_v = 0,2S_{DS}D \quad (3.31)$$

Dengan:

S_{DS} = parameter kecepatan respons spektrum, dan

D = pengaruh beban mati.

3. Kombinasi beban gempa

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan akan menjadi seperti berikut ini.

a. Kombinasi 5 = $(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$

b. Kombinasi 7 = $(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho Q_E$

3.5.2 Pengaruh Beban Gempa Dengan Faktor Kuat Lebih

Pada penggunaan kombinasi beban 5, E harus diambil sama dengan E_m seperti dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$E_m = E_{mh} + E_v \quad (3.32)$$

Pada penggunaan kombinasi beban 7, E harus diambil sama dengan E_m seperti dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$E_m = E_{mh} - E_v \quad (3.33)$$

Dimana:

E_m = pengaruh beban gempa dengan faktor kuat lebih,

E_{mh} = pengaruh beban gempa horisontal dengan faktor kuat lebih, dan

E_v = pengaruh beban gempa vertikal.

1. Beban gempa horisontal dengan faktor kuat lebih

Pengaruh beban gempa horizontal ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_{mh} = \Omega_0 Q_E \quad (3.34)$$

Dimana:

Q_E = pengaruh beban gempa horisontal dari V , F_{px} atau F_p , dan

Ω_0 = faktor kuat lebih.

2. Kombinasi beban dengan faktor kuat lebih

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan dengan faktor kuat lebih adalah sebagai berikut ini.

- a. Kombinasi 5 $= (1,2 + 0,2S_{DS})D + \Omega_0 Q_E + L$
- b. Kombinasi 7 $= (0,9 - 0,2S_{DS})D + \Omega_0 Q_E$

3.6 Pengecekan Awal

3.9.1 Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1 partisipasi massa yang terjadi harus paling tidak 90% dari massa aktual pada arah arah horizontal yang ditinjau.

3.9.2 Skala Gaya

Jika perioda fundamental melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari gaya geser yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan $0,85 V/V_t$

3.9.3 Ketidakberaturan Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 10 dijelaskan beberapa tipe ketidakberaturan horizontal dan vertical. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut ini.

1. Ketidakberaturan horizontal

a. Ketidakberaturan torsi

- 1) Ketidakberaturan torsi dapat didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, disebuah ujung struktur yang melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai dengan tingkat rata-rata di kedua ujung struktur.
- 2) Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terdapat sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.

- b. Ketidakberaturan sudut dalam, didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.
 - c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma, didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.
 - d. Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang, didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.
 - e. Ketidakberaturan sistem nonparallel, didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak parallel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa.
2. Ketidakberaturan vertikal
- a. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak.
 - 1) Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak, didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tangga di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.
 - 2) Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan, didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.
 - b. Ketidakberaturan berat (massa), didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dan lantai di bawahnya tak perlu ditinjau.
 - c. Ketidakberaturan geometri vertikal, didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.

- d. Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal, didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat di bawahnya.
- e. Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat
- 1) Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat, ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 80% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.
 - 2) Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat yang berlebihan, ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat tingkat adalah kuat total semua elemen penahan seismic yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.

3.9.4 Pengecekan Asumsi Beban Notional

Beban notional diijinkan hanya terjadi di pembebanan beban mati jika memenuhi persyaratan sebagai berikut.

$$\frac{\Delta 2nd\ order\ max}{\Delta 1st\ order\ max} \leq 1,7 \quad (3.35)$$

3.9.5 Pengecekan P-Delta

Pengaruh P-delta tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) sama dengan atau kurang dari 0,10. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \leq 0,10 \quad (3.36)$$

Dimana koefisien stabilitas harus tidak melebihi θ_{maks} yang ditentukan sebagai berikut ini.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (3.37)$$

Keterangan :

- P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x,
 Δ = simpangan antar lantai tingkat desain,
 I_e = faktor keutamaan gempa,
 V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1,
 h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingka x,
 C_d = faktor pembesaran defleksi, dan
 β = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1 yang diizinkan diambil sebesar 1.

Jika koefisien stabilitas lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{maks} , faktor peningkatan terkait dengan P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan berdasarkan analisis rasional. Diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan $1,0/(1 - \theta)$. Jika θ lebih besar dari θ_{maks} , struktur berpotensi tidak stabil dan harus direncanakan ulang.

3.7 Perencanaan Struktur

3.7.1 Pelat

Pelat hanya digunakan sebagai pembebanan dengan ketebalan 150 mm. Pelat ini sendiri akan langsung dimodelkan di aplikasi ETABS.

3.7.2 Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Aksial Tekan

Perencanaan elemen pemikul gaya aksial tekan sesuai dengan *ANSI/AISC Chapter E*. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut ini.

1. Ketentuan Umum

Kekuatan tekan desain (P_n) ditentukan berdasarkan nilai terendah yang diperoleh dari batas tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur. Pada penampang IWF

hanya terjadi batas tekuk lentur dan tekuk torsi. Faktor reduksi dari kekuatan tekan nominal adalah sebagai berikut.

$$\phi_c = 0,90 \quad (3.38)$$

2. Panjang Efektif

Faktor panjang efektif (K) adalah 1. Nilai tersebut digunakan untuk perhitungan kelangsingan komponen struktur berikut ini.

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad (3.39)$$

3. Kekuatan Tekan Nominal (P_n)

Penampang tekan yang digunakan adalah profil IWF tanpa elemen langsing. Keadaan batas untuk penampang tanpa elemen langsing adalah tekuk lentur dan tekuk torsi sesuai dengan Pasal E3 dan E4 *AISC 360-10*.

a. Tekuk lentur

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (3.40)$$

Dengan ketentuan tegangan kritis, f_{cr} , sebagai berikut ini.

1) Ketentuan 1

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \quad (3.41)$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (3.42)$$

2) Ketentuan 2

$$\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \quad (3.43)$$

$$F_{cr} = 0,877F_e \quad (3.44)$$

Keterangan :

F_e = Tegangan tekuk kritis elastis, MPa.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.45)$$

b. Tekuk torsi

Batas tekuk torsi pada penampang IWF sama dengan tekuk lentur. Perbedaannya adalah pada tegangan tekuk elastis (F_e) torsi atau tekuk-torsi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.46)$$

Keterangan :

G = Modulus elastis geser dari baja, 77200 MPa,

I_x, I_y = momen inersia di sumbu utama, mm⁴,

K_z = Faktor panjang efektif untuk tekuk torsi, 1,

J = Konstanta torsi, mm⁴, dan

C_w = Konstanta pilin, mm⁶.

3.7.3 Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Lentur

Perencanaan elemen pemikul gaya lentur sesuai dengan *ANSI/AISC Chapter F*. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut ini.

1. Ketentuan Umum

Pada perencanaan ini digunakan profil IWF kompak sebagai komponen pemikul gaya lentur. Keadaan batas yang akan terjadi adalah pelelehan dan tekuk torsi-lateral. Kekuatan lentur nominal (M_n) adalah nilai terendah yang diperoleh berdasarkan keadaan batas tersebut. Kekuatan lentur desain ($\phi_b M_n$) harus ditentukan sebagai berikut ini.

a. Faktor reduksi.

- b. Titik-titik penumpu balok dan gelagar diasumsikan menahan rotasi disumbu longitudinalnya.
- c. Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral (C_b) untuk komponen struktur simetris ganda ditentukan sebagai berikut ini.

$$C_b = \frac{12M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.47)$$

Dimana:

M_{maks} = Nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising,

M_A = Nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising,

M_B = Nilai mutlak momen pada sumbu tanpa dibreising, dan

M_C = Nilai mutlak momen pada titik tiga-seperempat segmen tanpa dibreising.

2. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.48)$$

Dimana:

F_y = tegangan leleh minimum (MPa), dan

Z_x = modulus penampang plastis di sumbu x (mm^3).

3. Tekuk Torsi Lateral

a. Bila $L_b \leq L_p$, keadaan batas tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b. Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \quad (3.49)$$

c. Bila $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.50)$$

Dengan,

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.51)$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.52)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.53)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (3.54)$$

Dimana:

E = modulus elastisitas baja (200000 MPa),

J = konstanta torsi (mm^4),

S_x = modulus penampang elastis (mm^3),

h_o = jarak antara titik berat sayap (mm),

L_b = jarak antar sumbu penampang tanpa bresing (mm), dan

c = 1, untuk profil I simetris ganda.

3.7.4 Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Geser

Perencanaan elemen geser sesuai dengan *ANSI/AISC Chapter G*. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut ini.

1. Ketentuan Umum

Faktor reduksi gaya geser untuk kekuatan geser desain adalah sebagai berikut ini.

$$\phi_V = 0,90 \quad (3.55)$$

2. Kekuatan Geser

Kekuatan geser nominal (V_n) pada badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah sebagai berikut ini.

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.56)$$

Dimana nilai C_v ditentukan dengan persyaratan berikut ini.

- Komponen struktur profil IWF canai panas dengan $h/t_w \leq 2,24\sqrt{E/F_y}$
- Semua profil simetris ganda dan profil simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar.

$$1) h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_V E/F_y}$$

$$C_v = 1 \quad (3.57)$$

$$2) 1,10\sqrt{k_V E/F_y} < h/t_w \leq 1,37\sqrt{k_V E/F_y}$$

$$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_V E/F_y}}{h/t_w} \quad (3.58)$$

$$3) h/t_w \geq 1,37\sqrt{k_V E/F_y}$$

$$C_v = \frac{1,51k_V E}{(h/t_w)^2 F_y} \quad (3.59)$$

Dimana:

A_w = luas dari badan, dt_w , (mm^2),

h = jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut atau las sudut (mm),

dan

t_w = ketebalan badan (mm)

c. Koefisien tekuk geser pelat badan (k_V) ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini.

1) Untuk badan tanpa pengaku *transversal* dan dengan $h/t_w < 260$.

$$k_V = 5 \quad (3.60)$$

2) Untuk badan dengan pengaku *transversal*.

$$k_V = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 \quad (3.61)$$

3.7.5 Perencanaan Komponen Pemikul Gaya Kombinasi Tekan dan Lentur

Perencanaan elemen pemikul gaya kombinasi tekan dan lentur sesuai dengan *AISC 360-10 Chapter H*. Untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut ini.

1. Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.62)$$

2. Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.63)$$

Dimana:

P_e = kekuatan aksial perlu (N),

P_c = kekuatan aksial tersedia (N),

M_r = kekuatan lentur perlu (Nmm), dan

M_c = kekuatan lentur tersedia (Nmm).

3.8 Perencanaan SRBE

3.8.1 Perencanaan *Link*

Perencanaan *link* didasarkan pada ANSI/AISC 341-10. Kelelehan geser pada *link* akan terjadi ketika panjang *link*, e , sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$e \leq \frac{2M_p}{V_p} \quad (3.64)$$

Kelelehan lentur pada *link* akan terjadi ketika panjang *link*, e , sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$e \geq \frac{2M_p}{V_p} \quad (3.65)$$

Setelah terjadi kelelehan atau ketika terjadi *strain hardening* kelelehan geser dan lentur akan dominan terjadi ketika memenuhi persamaan berikut ini.

Dominan geser :

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.66)$$

Dominan lentur :

$$e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (3.67)$$

1. Kuat Geser *Link*

Kekuatan geser dari *link* dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

a. Leleh geser

$$V_n = V_p \quad (3.68)$$

Dimana:

$$V_p = 0,6F_y A_{tw} \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15 \quad (3.69)$$

$$V_p = 0,6F_y A_{lw} \sqrt{1 - (P_r/P_c)^2} \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15 \quad (3.70)$$

$$A_{lw} = (d - 2t_f)t_w \quad (3.71)$$

$$P_r = P_u$$

$$P_u = \text{kuat tekan perlu, N,}$$

$$P_c = P_y$$

$$P_r = F_y A_g \quad (3.72)$$

b. Leleh lentur

$$V_n = 2M_p/e \quad (3.73)$$

Dimana:

$$M_p = F_y Z \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15 \quad (3.74)$$

$$M_p = F_y Z \left(\frac{1 - P_r/P_c}{0,85} \right) \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15 \quad (3.75)$$

e = panjang link, mm.

2. Sudut Rotasi *Link*

Persyaratan pada sudut rotasi *link* dapat dilihat pada persamaan berikut ini.

a. 0,08 untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$

b. 0,02 untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$

c. Interpolasi linear untuk panjang *link* $1,6M_p/V_p < e < 2,6M_p/V_p$

3. Pengaku *Link*

Persyaratan jarak pengaku, s , pada *link* adalah sebagai berikut ini.

a. Panjang link $e \leq 1,6M_p/V_p$

1) $S \leq 30 t_w - d/5$ untuk $\gamma_p = 0,08$ radian

2) $S \leq 52 t_w - d/5$ untuk $\gamma_p = 0,02$ radian

3) Interpolasi untuk $0,02 < \gamma_p < 0,08$

b. Panjang *link* $2,6M_p/V_p < e < 5M_p/V_p$

$$S = 1,5 b_f$$

c. Panjang *link* $1,6M_p/V_p < e < 2,6M_p/V_p$

Menggunakan jarak pengaku yang sesuai dengan poin a dan b

d. Panjang *link* $5M_p/V_p$

Tidak membutuhkan pengaku

3.8.2 Perencanaan Breising

Elemen breis pada SRBE direncanakan tidak mengalami leleh pada saat gempa terjadi, sehingga breis harus lebih kuat daripada lemen link. Oleh karena itu breis harus mampu menahan gaya plastis yang diakibatkan oleh *link*. Nilai geser nominal dari *link* harus ditingkatkan oleh 2 (dua) faktor. Yang pertama oleh faktor kekuatan material ekspektasi (R_y) dan yang kedua dengan memperhitungkan *strain hardening* pada link dengan nilai 1,25. Panjang elemen breising sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

1. *D-shape*

$$L = \sqrt{H^2 + (B - 0,5h_{f_{kolom}} - e)^2} \quad (3.76)$$

2. *Split-K*

$$L = \sqrt{H^2 + (0,5B + 0,5e)^2} \quad (3.77)$$

Dimana:

L = panjang breis (mm),

H = jarak antar lantai (mm),

B = jarak antar kolom (mm),

h_f = tinggi total profil kolom (mm), dan

e = panjang link (mm).

3.8.3 Perencanaan Balok *Link*

Pada balok link juga diterapkan prinsip desain yang sama dengan breis, dimana link direncanakan menjadi elemen struktur yang terlemah. Perbedaannya

adalah pada balok link nilai *strain hardening* yang terjadi dapat dikalikan dengan 0,88 ($1,25 \times 0,88 = 1,1$) sesuai dengan AISC 341-10.

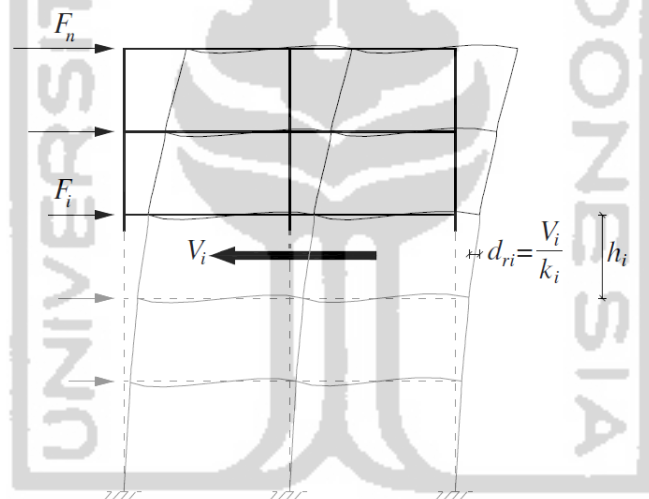
3.8.4 Perencanaan Kolom *Link*

Perencanaan kolom pada daerah link sama dengan perencanaan balok link sehingga gaya geser ultimate yang terjadi dapat dilihat pada Persamaan 3.80.

3.9 Analisis Perilaku Struktur

3.9.1 Kekakuan Struktur

Pada penelitian ini nilai kekakuan struktur per lantai didapatkan dengan membandingkan nilai gaya geser lantai dengan simpangan antar lantai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3. 3 Perilaku Kekakuan Struktur per Lantai
(Caterino, Cosenza, & Azmoodeh, 2013)

3.9.2 Eksentrisitas Gedung

Eksentrisitas gedung adalah jarak antara pusat massa (*CM*) dan pusat rotasi (*CR*). Eksentrisitas ini juga akan menghasilkan torsi tak terduga pada daerah dengan ketidakberaturan torsi. Nilai torsi tak terduga diambil 5% sesuai dengan AISC 360-10.

$$|CM - CR| \quad (3.78)$$

3.9.3 Simpangan antar Lantai

Simpangan antar lantai desain (Δ) menggunakan *displacement* yang telah diperbesar. Displacement yang diperbesar dapat dihitung dengan persamaan di SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, SNI 1726:2012 Gambar 5 pasal 7.9.3 dan Tabel 16 pasal 7.12.1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan 3.17, Gambar 3.4 dan tabel 3.12. berikut ini.

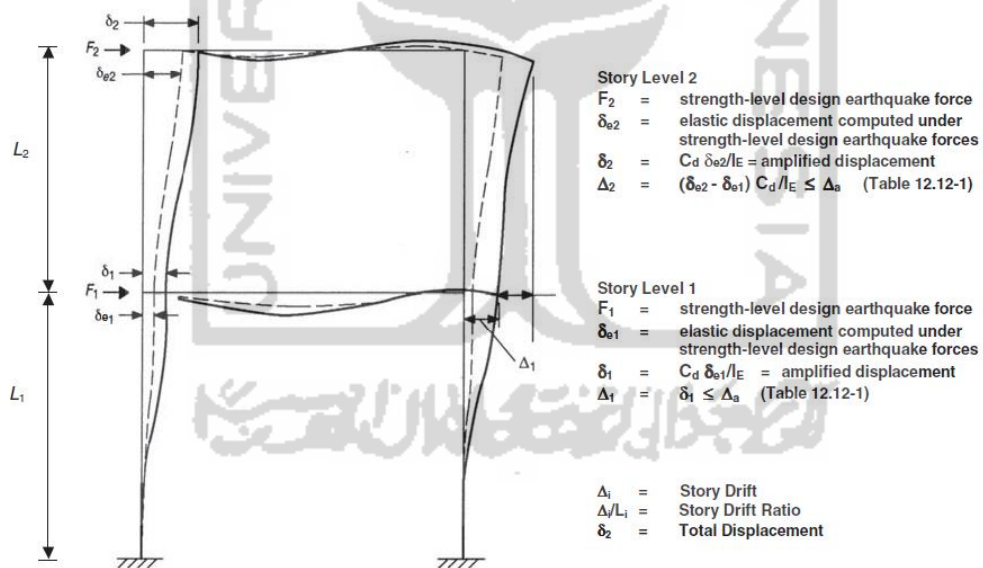
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{ex}}{I_e} \quad (3.79)$$

Keterangan :

δ_x = Defleksi pusat massa di tingkat x,

δ_{ex} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis,

I_e = Faktor keutamaan bangunan,



Gambar 3. 4 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Tabel 3. 12 Simpangan Antar Lantai Ijin

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 sistim dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x

Rekapitulasi landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3. 13 Rekapitulasi Landasan Teori

No	Parameter	Persamaan/Persyaratan	Keterangan
1	Pembebanan	Pada analisis pembebanan akan terjadi beban mati, beban hidup, beban notional dan beban gempa.	
2	Partisipasi massa	Partisipasi massa > 90%	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1. - Partisipasi massa tiap model harus dicek. Jika partisipasi massa < 90% jumlah mode harus diperbanyak.
3	Skala gaya dasar	<ul style="list-style-type: none"> - Skala awal $(I/R) \times g$ - Cek skala gaya dasar $V_t < 0,85V$ - Perbesaran skala $[(I/R) \times g] \times 0,85(V/V_t)$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4 - Jika persyaratan tak terpenuhi maka skala gaya awal harus diperbesar.

Lanjutan Tabel 3.13

4	Ketidakberaturan bangunan	<ul style="list-style-type: none"> - Ketidakberaturan torsi <ul style="list-style-type: none"> • Ketidakberaturan torsi $\delta_{max} > 1,2\delta_{average}$ • Ketidakberaturan torsi berlebihan $\delta_{max} > 1,4\delta_{average}$ - Ketidakberaturan sudut dalam $P_x < 0,15L_x$ & $P_x < 0,15L_x$ - Ketidakberaturan massa $W_n > 150\%W_{n\pm 1}$ - Ketidakberaturan kekakuan <ul style="list-style-type: none"> • Ketidakberaturan kekakuan $K_n < 70\%K_{n+1}$ $K_n < 80\%K_{n+3}$ • Ketidakberaturan kekakuan berlebihan $K_n < 60\%K_{n+1}$ $K_n < 70\%K_{n+3}$ - Diskontinuitas kuat lateral <ul style="list-style-type: none"> • Diskontinuitas kuat lateral $V_n < 80\%V_{n+1}$ • Diskontinuitas kuat lateral berlebihan $V_n < 70\%V_{n+1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Tabel 10 dan Tabel 11 - Ketidakberaturan bangunan yang dicek adalah ketidakberaturan torsi, sudut dalam, massa, kekakuan dan diskontinuitas kuat lateral.
5	Pengecekan asumsi beban notional	Pengecekan beban notional $\frac{\Delta_{2nd\ order}}{\Delta_{1st\ order}} \leq 1,7$	<ul style="list-style-type: none"> - AISC 360-10 Section 2.2b. - Beban notional diasumsikan hanya bekerja di beban mati. Asumsi ini harus dicek.

Lanjutan Tabel 3.13

6	Pengecekan P-delta	<ul style="list-style-type: none"> - Koefisien stabilitas $\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \leq 0,10$ - Koef. Stabilitas max $\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Pasal 7.8.7 - Pada perencanaan ini diasumsikan beban notional tidak terjadi. Pengecekan asumsi beban notional harus dilakukan dengan membandingkan nilai koefisien stabilitas yang terjadi ($\theta \leq \theta_{max}$).
7	Kapasitas link	<ul style="list-style-type: none"> - Kuat geser (leleh geser) $V_n = V_p$ - Kuat geser (leleh lentur) $V_n = 2M_p/e$ - Panjang link (pendek) $e \leq \frac{1,6M_p}{V_p}$ - Panjang link (menengah) $\frac{1,6M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2,6M_p}{V_p}$ - Panjang link (panjang) $e \geq \frac{2,6M_p}{V_p}$ - Sudut rotasi link Link pendek = 0,08 Link panjang = 0,02 Link menengah = interpolasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>AISC 341-10 Section F3.</i> - <i>AISC 360-10 Chapter E.</i> - Pada link kapasitas yang harus diperhatikan adalah kapasitas tekan dan kapasitas geser.

Lanjutan Tabel 3.13

8	Kapasitas balok link	- Desain elemen tekan $P_n = F_{cr}A_g$	- AISC 360-10 Chapter E Section E2, E3 and E4.
9	Kapasitas breis	Terjadi tekuk lentur dan tekuk torsi	- AISC 360-10 Chapter F Section F1 and F2.
10	Kapasitas Kolom SRBE	- Desain elemen lentur	- AISC 360-10 Chapter G Section G1 and G2.
11	Kapasitas luar link	$M_n = M_p = F_y Z_x$	
12	Kapasitas balok anak	Terjadi kelelahan dan tekuk lateral-torsi	- AISC 360-10 Chapter H Section H1.
13	Kapasitas kolom nonSRBE	- Desain elemen geser $V_n = 0,6F_y A_w C_v$ - Desain elemen kombinasi • $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$ • $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ $\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$	
14	Perioda	Perioda yang digunakan adalah perioda natural yang diperoleh dari ETABS dengan cara <i>Display – Show Tables – Results -Analysis</i>	
15	Kekakuan struktur	- Analisis kekakuan per lantai $k_n = \frac{V_n}{\delta_n}$	- V_n adalah gaya geser pada lantai yang ditinjau. Nilai V_n didapatkan dari jumlah gaya lateral yang terjadi di titik tersebut. - δ_n adalah nilai displacement diperbesar yang terjadi di titik tersebut.

Lanjutan Tabel 3.13

16	Massa struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Manual - Etabs 	<p>Nilai massa struktur bisa didapatkan dengan perhitungan manual (excel) dan etabs. Perhitungan secara manual dan etabs kemudian dibandingkan dengan nilai error maksimal 5%.</p>
17	Eksentrisitas bangunan	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis eksentrisitas $C_M - C_R$ 	<p>Nilai eksentrisitas didapatkan dari selisih antara pusat massa (<i>center of mass</i>) dan pusat kekakuan (<i>center of rigidity</i>).</p>
18	Displacement	<ul style="list-style-type: none"> - Elastic displacement δ_e - Amplified displacement $\delta = \frac{C_d \delta_e}{I_e}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6 dan Gambar 5. - Pada penelitian ini digunakan amplified displacement.
19	Simpangan per lantai	<ul style="list-style-type: none"> - Elastic drift $\Delta_{en} = \delta_{en} - \delta_{en-1}$ - Design story drift $\Delta = \delta_n - \delta_{n-1}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6 dan Gambar 5. - Pada penelitian ini digunakan design story drift.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Data Perancangan

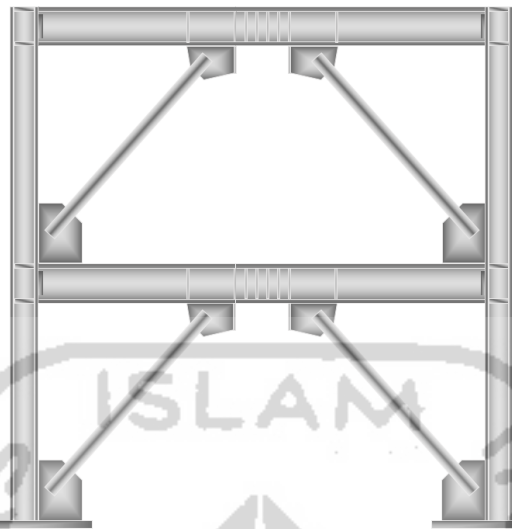
Kriteria perencanaan yang akan digunakan dalam desain adalah sebagai berikut ini.

1. Lokasi penelitian di Yogyakarta.
2. Mutu baja menggunakan BJ 41 dengan f_y 250 MPa dan f_u 410 MPa.
3. Pelat lantai direncanakan memiliki ketebalan 150 mm.
4. Balok menggunakan baja profil IWF.
5. Kolom menggunakan baja profil IWF.
6. Gedung dirancang pada kategori resiko bangunan II.
7. Gedung dirancang dengan fungsi bangunan apartemen dengan berat 4,79 kN/m².
8. Gedung dirancang dengan ketinggian 10 lantai.
9. Tinggi lantai memiliki dimensi 4 m.
10. Jarak kolom memiliki dimensi 6 m.

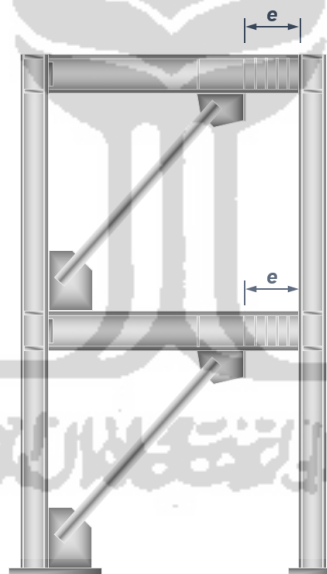
4.2 Model Struktur

Pada penelitian ini digunakan gedung *non-existing* dengan dimensi bentang seragam dan bentuk bangunan tidak beraturan. Jumlah lantai direncanakan 10 lantai. Berikut adalah denah dari bangunan yang akan direncanakan beserta titik-titik tinjauan simpangan antar lantai.

Pada analisis konfigurasi breis akan dibandingkan 2 (dua) tipe konfigurasi dengan penempatan breis di luar dan 1 (satu) bangunan tanpa breis. Konfigurasi breis yang akan dibandingkan adalah konfigurasi *Split-K* dan konfigurasi *D-shape*. Konfigurasi breis yang akan diuji dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini.

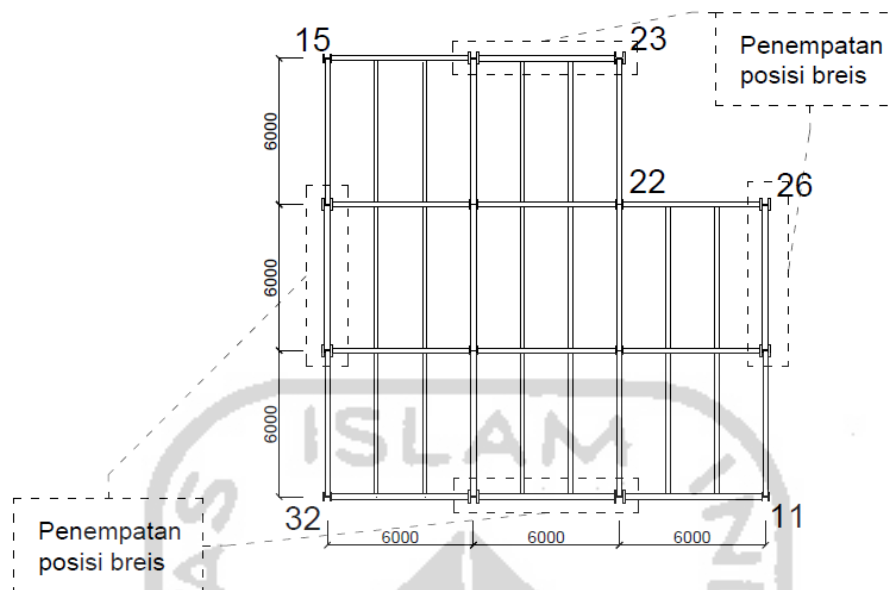


Gambar 4. 1 Konfigurasi *Split-K*

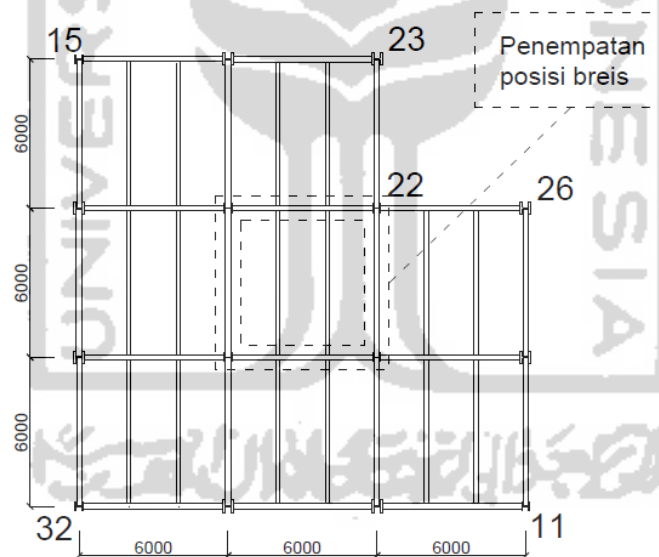


Gambar 4. 2 Konfigurasi *D-shape*

Pada analisis posisi breis akan dibandingkan 2 (dua) posisi breis dengan 2 (dua) konfigurasi yang telah disebutkan sebelumnya. Posisi breis dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4. 3 Denah Posisi Breis Muka



Gambar 4. 4 Denah Posisi Breis Tengah

Maka dari itu maka total model yang akan diuji ada 5 (lima), sebagai berikut ini.

1. *Split-K* posisi muka.
2. *D-shape* posisi muka.
3. Bangunan tanpa breis.
4. *Split-K* posisi dalam.
5. *D-shape* posisi dalam.

4.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Pengumpulan Data
2. Studi Literatur

Perencanaan ini direncanakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Indonesia. Ini bertujuan agar struktur aman dan dapat dipertanggung-jawabkan. Literatur yang digunakan antara lain sebagai berikut ini.

- a. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
 - b. ANSI/AISC 360-10, *Specification for Structural Building*.
 - c. ANSI/AISC 341-10, *Seismic Provisions for Structural Steel Building*.
 - d. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 - e. SKBI 1981 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (Departemen PU, 1987).
3. Pembebanan
Perhitungan pembebanan menggunakan bantuan Ms. Excel. Parameter pembebanan yang digunakan adalah beban hidup, beban mati, beban *notional* dan beban gempa. Beban angin, beban hujan dan beban pekerja tidak diperhitungkan.
 4. *Preliminary Design*
Melakukan desain awal terhadap dimensi balok dan kolom sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dimensi awal bresing didapatkan dengan proses *trial and error*. Dimensi awal ini kemudian digunakan sebagai permodelan awal di aplikasi ETABS.
 5. Kontrol Desain
Kontrol desain dilakukan untuk mengecek keamanan dari balok, kolom dan bresing terhadap gaya dalam yang bekerja sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
 6. Analisis Konfigurasi dan Posisi Bresing

Setelah profil baja pada balok, kolom dan bresing aman terhadap gaya dalam yang terjadi maka selanjutnya dapat diamati perilaku gedung struktur baja yang teliti. Perilaku yang diamati antara lain perioda, massa, eksentrisitas, kekakuan, *displacement* dan simpangan per lantai.

7. Pembahasan

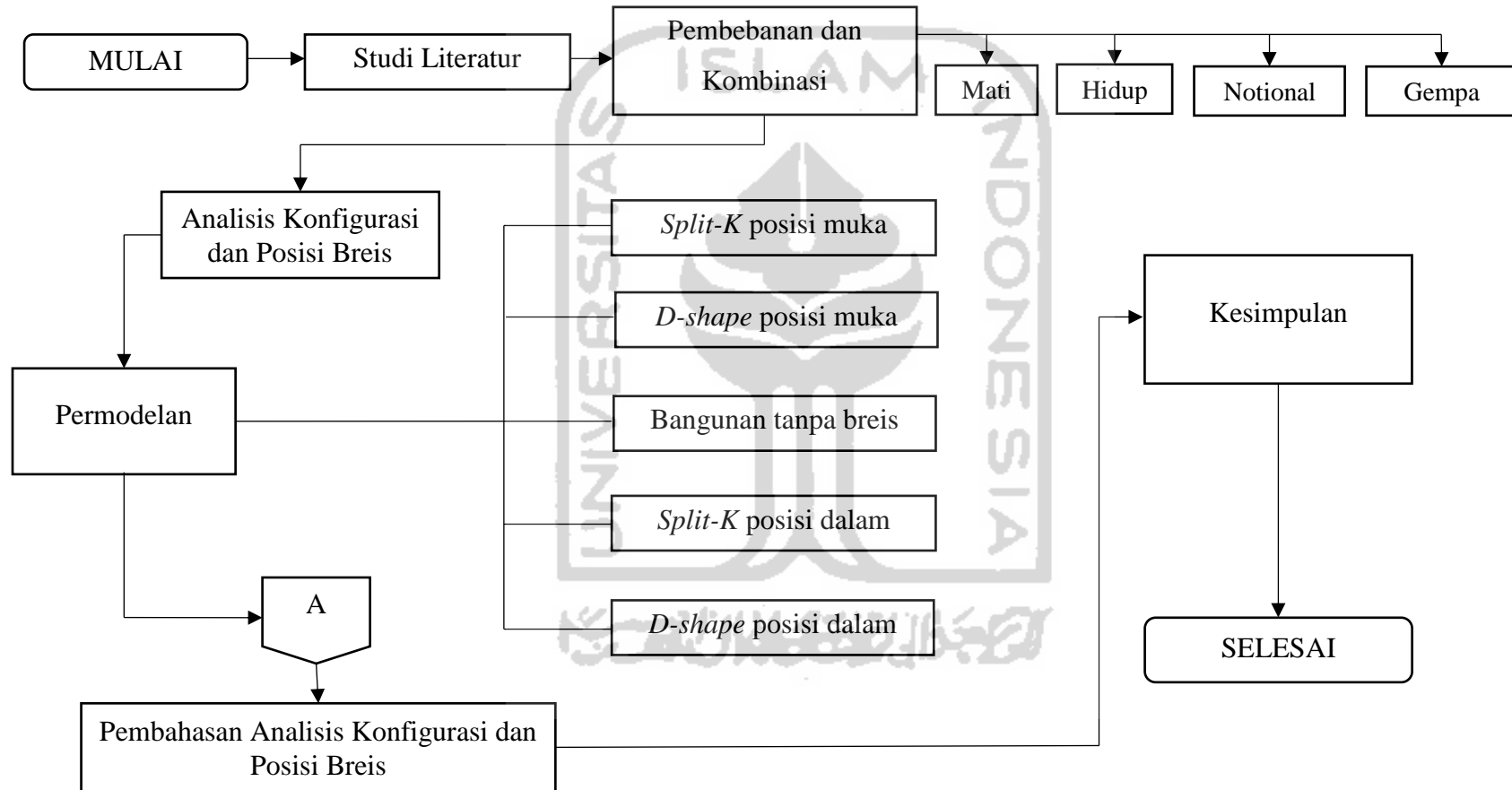
Setelah melakukan analisis terhadap konfigurasi bresing maka tiap konfigurasi dapat dibandingkan.

8. Pengambilan kesimpulan

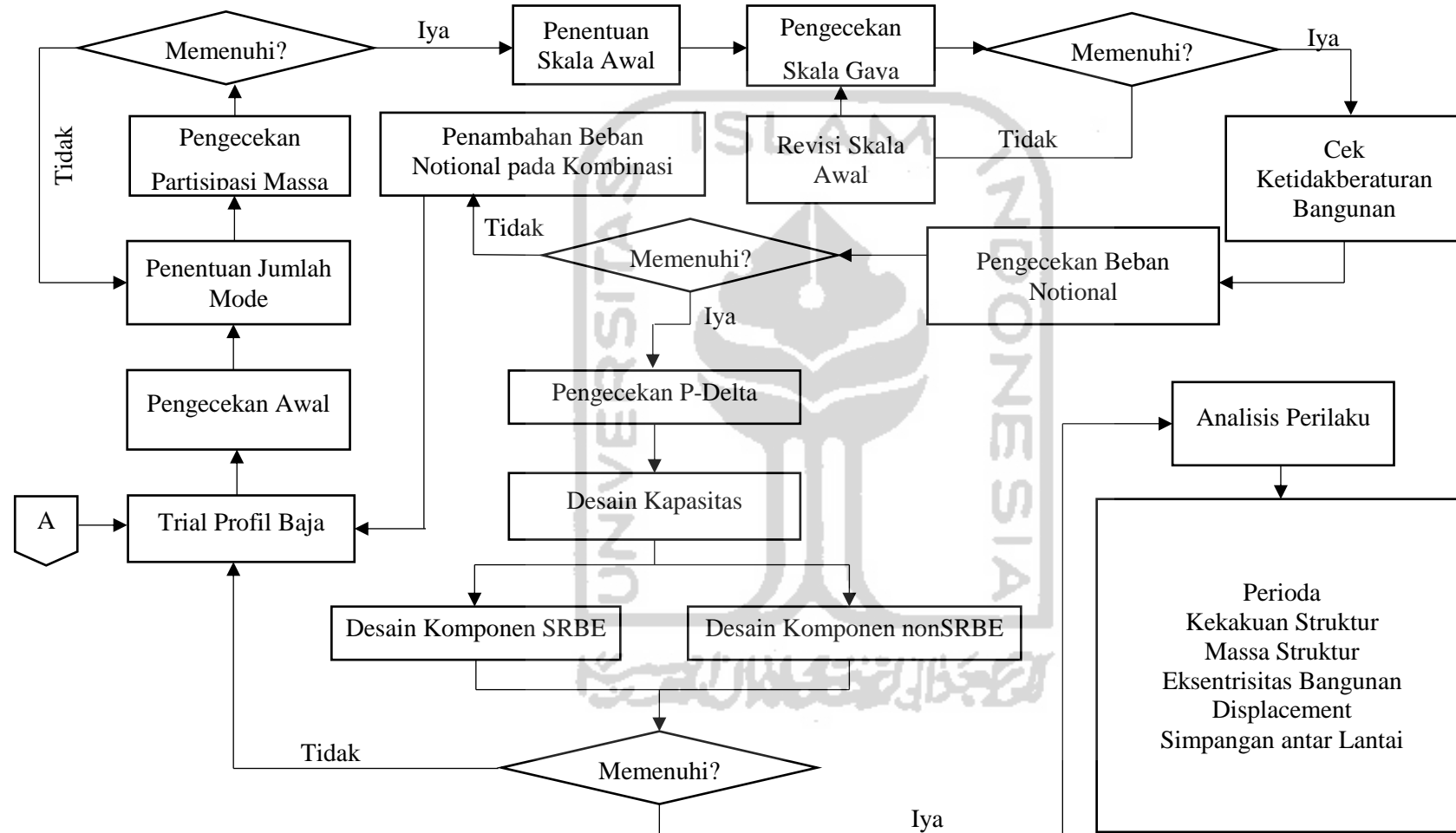
Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat dinyatakan konfigurasi bresing yang bekerja paling optimal pada struktur baja dengan beban gempa.



Secara umum *flow chart* dari tahapan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.5 *Flow Chart* Penelitian



Lanjutan Gambar 4.5

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Data Bangunan

Data bangunan yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada subbab 4.1 tentang data perancangan.

5.2 Permodelan

1. Pelat

Pelat diasumsikan memiliki ketebalan 150 mm yang akan langsung dimodelkan di ETABS. Perencanaan lebih lanjut terhadap pelat tidak diperhitungkan. Pelat hanya akan digunakan sebagai pembebanan terhadap struktur.

2. Link

Pada SRBE *link* direncanakan sebagai bagian terlemah dari suatu struktur. *Link* yang digunakan diasumsikan bertipe *link* pendek dengan panjang 1000 mm. pemilihan *link* pendek dikarenakan *link* pendek dapat bekerja lebih baik dibandingkan dengan *link* lainnya (Suswanto, Amalia, Isdarmanu, & Fajri, 2018). Gaya gempa yang terjadi pada struktur akan ditahan oleh *link*. Balok lain yang berada diluar portal SRBE hanya akan menahan beban gravitasi.

3. Balok SRBE

Balok SRBE menggunakan dimensi yang sama dengan *link*. Sambungan antara balok dan kolom akan menggunakan sambungan jepit (*continuous*)

4. Balok non-SRBE

Pada balok induk SRBE yang tidak berada pada portal yang sama dengan *link* (balok non-SRBE) direncanakan hanya menahan beban gravitasi. Pada ETABS balok non-SRBE akan menggunakan sambungan sendi (*pinned*).

5. Breis

Breis direncanakan akan menahan gaya ultimate yang dihasilkan oleh *link*. Hal ini untuk menjamin *link* menjadi bagian terlemah dari struktur. Sambungan pada breis menggunakan sambungan jepit (*pinned*).

6. Kolom

Kolom akan direncanakan menahan momen dan gaya *ultimate* yang diakibatkan oleh *link*. Hal ini untuk menjamin *link* menjadi bagian terlemah dari struktur. Terdapat 2 (dua) tipe kolom pada bangunan SRBE, yaitu kolom SRBE dan kolom non-SRBE. Pada kolom SRBE sambungan yang digunakan adalah sambungan jepit sedangkan pada kolom nonSRBE sambungan yang digunakan adalah sambungan sendi.

7. Balok anak

Balok anak direncanakan mengarah pada sumbu Y bangunan dan menempel pada balok induk sumbu X. Balok anak hanya menahan beban gravitasi.

8. Struktur Bawah

Struktur bawah (pondasi, *baseplate* dan kolom pedestal) tidak direncanakan secara detail. Pada ETABS bangunan direncanakan bertumpuan jepit.

5.3 Pembebanan

5.3.1 Beban Mati

Beban mati didasarkan pada SKBI 1987. Beban pelat tidak diperhitungkan karena akan langsung diaplikasikan ke ETABS. Beban-beban yang diperhitungkan dalam pembebanan beban mati dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5. 1 Beban Mati Bangunan

No	Keterangan Beban		Beban
			kN/m ²
1	Urug Pasir	0,02 x 18	0,36
2	Spesi	0,02 x 22	0,44
3	Keramik	0,02 x 24	0,48
4	Ducting Mekanikal dan Elektrikal		0,20
	Jumlah		1,48

Beban dinding batako berlubang, t 20 cm= 200 kg/m²

5.3.2 Beban Hidup

Beban hidup didasarkan pada SNI 1727:2013. Beban hidup pada bangunan yang direncanakan adalah sebagai berikut ini.

1. Beban hidup atap datar = 0,757 kN/m²
2. Beban hidup apartemen, L_o = 4,79 kN/m²
3. Faktor Elemen Beban Hidup, K_{LL} = 2
4. Luas Tributari, A_T = 6 m x 6 m
= 36 m²

Reduksi beban hidup lantai adalah sebagai berikut ini.

$$L = L_o \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right)$$

$$L = 4,79 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{2 \times 36}} \right)$$

$$L = 3,7773 \text{ kN/m}^2$$

Reduksi beban hidup atap adalah sebagai berikut ini.

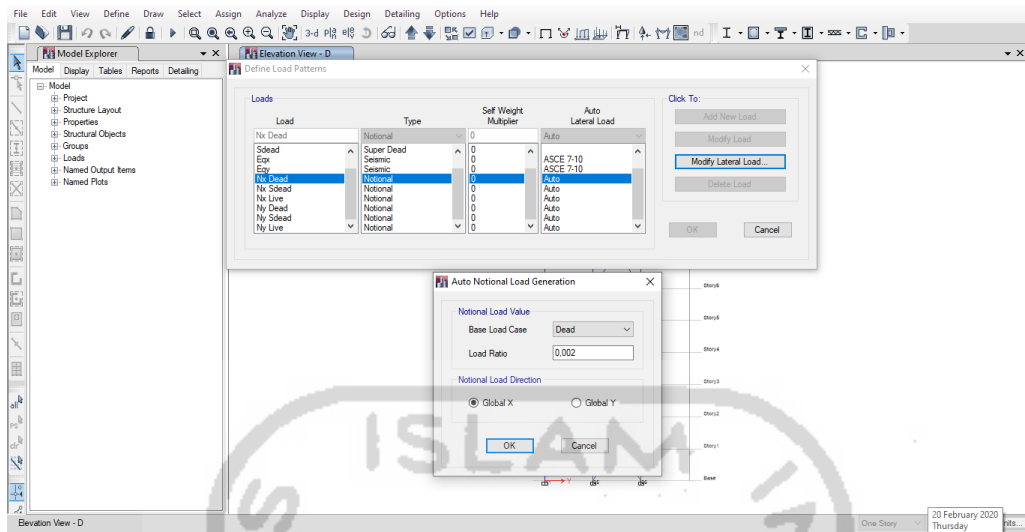
$$L = L_o \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right)$$

$$L = 0,757 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{2 \times 36}} \right)$$

$$L = 0,5970 \text{ kN/m}^2$$

5.3.3 Beban Notional

Pada penelitian ini beban notional akan langsung diperhitungkan oleh ETABS. Beban notional yang terjadi akan disebabkan oleh, beban mati, beban hidup dan beban mati tambahan. Berikut ini adalah contoh *input* beban notional secara otomatis di ETABS yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Beban Notional ETABS

5.3.4 Beban Gempa

Beban gempa statik ekuivalen dimodelkan secara Auto Lateral Load di ETABS 13. Langkahnya adalah *Define – Load Pattern – Auto Lateral Load Patterns – ASCE 7-10 – Modify Lateral Load Pattern*.

Parameter yang diperlukan untuk input beban gempa adalah sebagai berikut ini.

$$S_s = 1,226$$

$$S_1 = 0,448$$

Jenis tanah = tanah sedang (*SD*)

$$F_a = 1,0096$$

$$F_v = 1,552$$

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,0096 \times 1,226 \\ &= 1,2378 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 1,552 \times 0,448 \\ &= 0,6954 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 \times S_{MS} \\ &= 2/3 \times 1,2378 \\ &= 0,8252 \end{aligned}$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1}$$

$$= 2/3 \times 0,6954$$

$$= 0,4635$$

$$R = 8$$

$$\Omega = 2$$

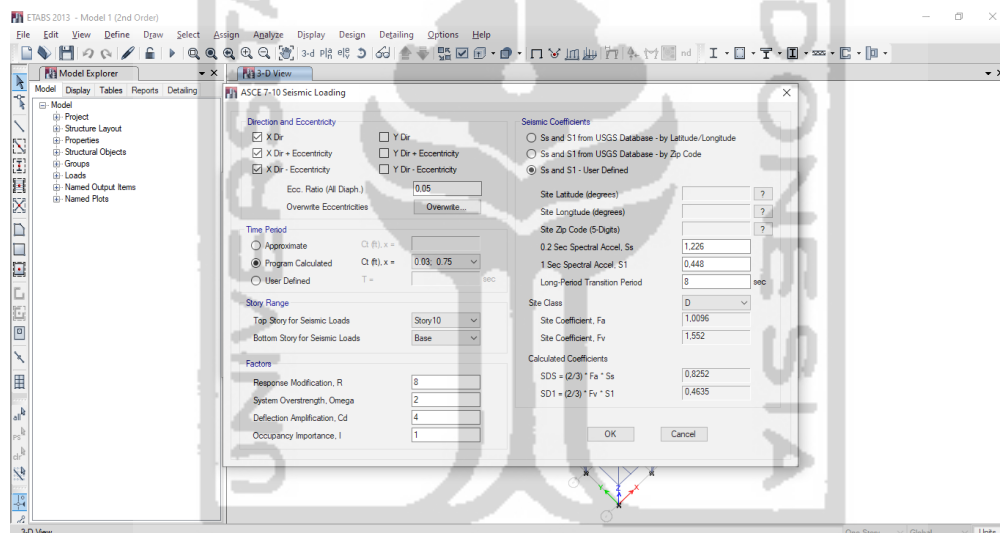
$$C_d = 4$$

Kategori resiko = II

Kategori desain seismik = D

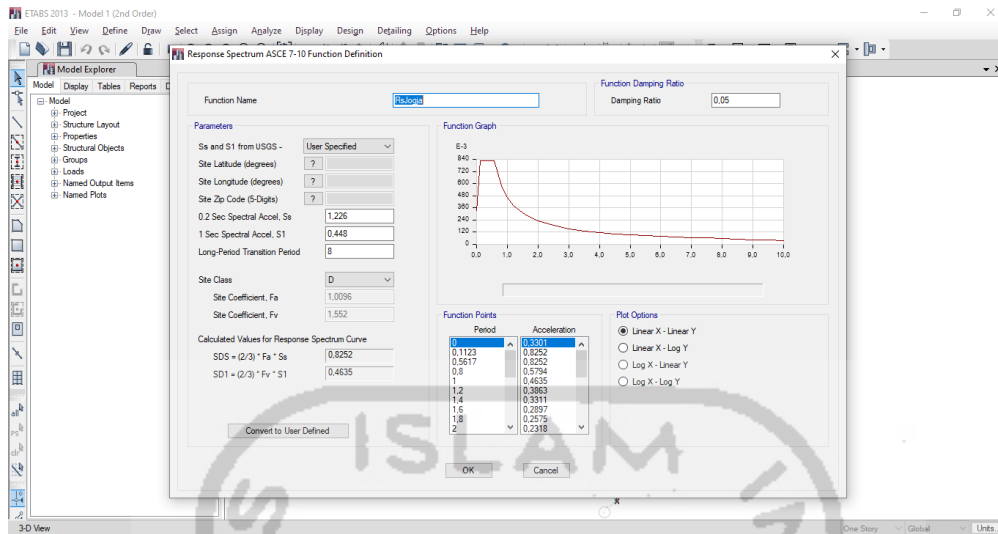
Faktor keutamaan gempa = 1

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.

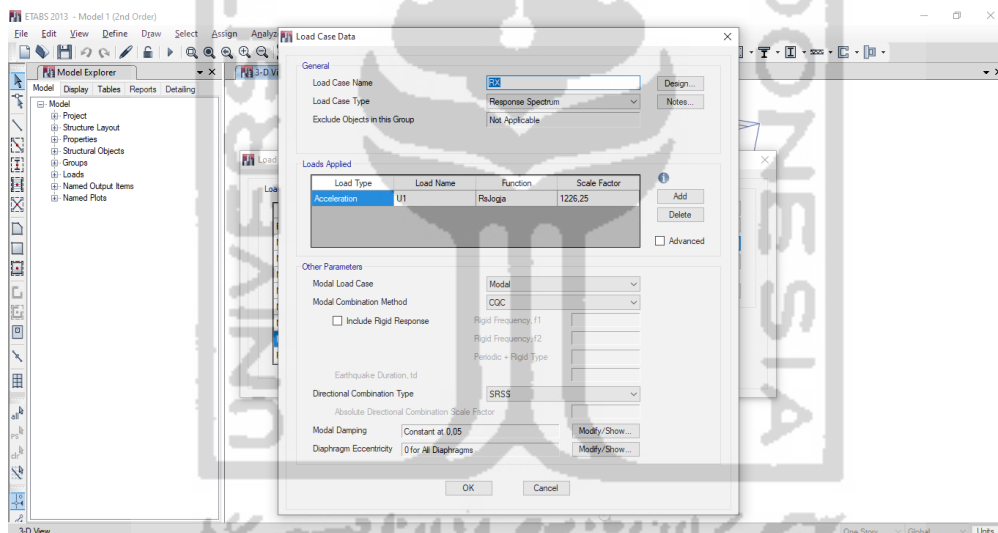


Gambar 5. 2 Auto Lateral Quake Load

Beban gempa respon spektrum juga akan dimodelkan secara otomatis di ETABS. Langkahnya dengan memodelkan fungsi respon spektrum dan membuat load case respon spektrum. Untuk membuat fungsi respon spektrum adalah *Define – Function – Response Spectrum – Choose Function Type to Add : ASCE 7-10 – Add New Function – Input data*, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3. Untuk membuat *Load Case* respon spektrum adalah *Define – Load Cases – Add New Load Cases – Load Cases Type : Response Spectrum – Scale Factor : 1226,25 (1/R x g = 1/8 x 9810 mm/s²)*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut 5.4.



Gambar 5. 3 Fungsi Respon Spektrum



Gambar 5. 4 Beban Gempa Dinamis

5.4 Kombinasi Pembebanan

Pada lokasi penelitian yang digunakan, nilai parameter percepatan desain untuk periode pendek (S_{DS}) adalah 0,8255. Karena nilai $S_{DS} > 0,125$, maka perencanaan harus memperhitungkan nilai beban gempa vertikal (E_v). Beban notional akan diasumsikan hanya terdapat pada kombinasi beban gravitasi, asumsi ini sesuai dengan peraturan AISC C2.2b (4), asumsi ini kemudian harus dicek kembali. Kombinasi pembebanan akibat faktor kuat lebih (*overstrength*, Ω) tidak diperhitungkan karena akan secara otomatis dilakukan oleh aplikasi ETABS. Nilai

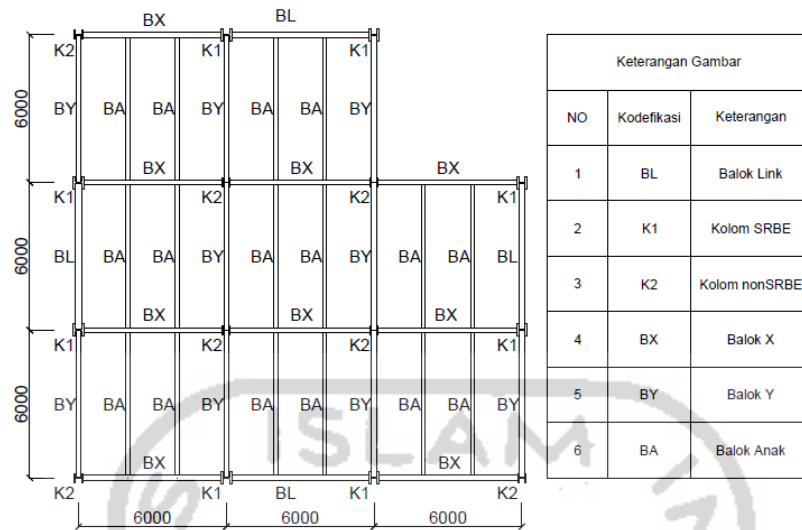
kekuatan material ekspektasi (R_y) juga akan diperhitungkan secara otomatis oleh aplikasi ETABS. Pada daerah portal SRBE (daerah portal terbreis) gaya gempa (E) yang bekerja pada elemen tersebut (balok SRBE, breis dan kolom SRBE) akan diganti menjadi Q . Q adalah gaya gempa yang kemudian ditingkatkan sebesar $1,25R_yV_n$. V_n adalah kapasitas geser *link*. Berikut ini adalah kombinasi yang akan digunakan pada perencanaan.

1. $1,4 D + 1,4 SD + 1,4 NxD + 1,4 NxSD + 1,4 NyD + 1,4 NySD$
2. $1,4 D + 1,4 SD + 1,4 NxD + 1,4 NxSD - 1,4 NyD - 1,4 NySD$
3. $1,4 D + 1,4 SD - 1,4 NxD - 1,4 NxSD + 1,4 NyD + 1,4 NySD$
4. $1,4 D + 1,4 SD - 1,4 NxD - 1,4 NxSD - 1,4 NyD - 1,4 NySD$
5. $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 1,2 NxD + 1,2 NxSD + 1,6 NxL + 1,2 NyD + 1,2 NxSD + 1,6 NyL$
6. $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L + 1,2 NxD + 1,2 NxSD + 1,6 NxL - 1,2 NyD - 1,2 NxSD - 1,6 NyL$
7. $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L - 1,2 NxD - 1,2 NxSD - 1,6 NxL + 1,2 NyD + 1,2 NxSD + 1,6 NyL$
8. $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L - 1,2 NxD - 1,2 NxSD - 1,6 NxL - 1,2 NyD - 1,2 NxSD - 1,6 NyL$
9. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 1,3 Ex + 0,39 Ey$
10. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 1,3 Ex - 0,39 Ey$
11. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 1,3 Ex + 0,39 Ey$
12. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 1,3 Ex - 0,39 Ey$
13. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 0,39 Ex + 1,3 Ey$
14. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 0,39 Ex - 1,3 Ey$
15. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 0,39 Ex - 1,3 Ey$
16. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 0,39 Ex - 1,3 Ey$
17. $0,73 D + 0,73 SD + 1,3 Ex + 0,39 Ey$
18. $0,73 D + 0,73 SD + 1,3 Ex - 0,39 Ey$
19. $0,73 D + 0,73 SD - 1,3 Ex + 0,39 Ey$
20. $0,73 D + 0,73 SD - 1,3 Ex - 0,39 Ey$
21. $0,73 D + 0,73 SD + 0,39 Ex + 1,3 Ey$

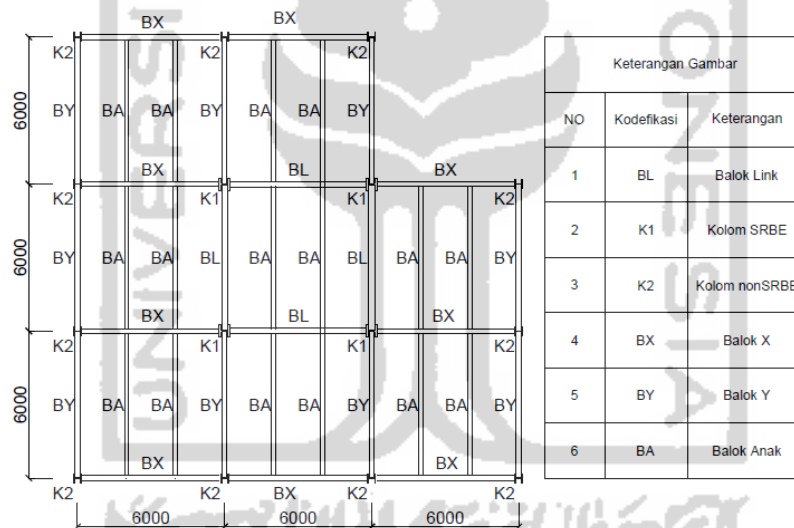
22. $0,73 D + 0,73 SD + 0,39 Ex - 1,3 Ey$
23. $0,73 D + 0,73 SD - 0,39 Ex + 1,3 Ey$
24. $0,73 D + 0,73 SD - 0,39 Ex - 1,3 Ey$
25. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 1,3 Rx + 0,39 Ry$
26. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 1,3 Rx - 0,39 Ry$
27. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 1,3 Rx + 0,39 Ry$
28. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 1,3 Rx - 0,39 Ry$
29. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 0,39 Rx + 1,3 Ry$
30. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L + 0,39 Rx - 1,3 Ry$
31. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 0,39 Rx - 1,3 Ry$
32. $1,37 D + 1,37 SD + 1 L - 0,39 Rx - 1,3 Ry$
33. $0,73 D + 0,73 SD + 1,3 Rx + 0,39 Ry$
34. $0,73 D + 0,73 SD + 1,3 Rx - 0,39 Ry$
35. $0,73 D + 0,73 SD - 1,3 Rx + 0,39 Ry$
36. $0,73 D + 0,73 SD - 1,3 Rx - 0,39 Ry$
37. $0,73 D + 0,73 SD + 0,39 Rx + 1,3 Ry$
38. $0,73 D + 0,73 SD + 0,39 Rx - 1,3 Ry$
39. $0,73 D + 0,73 SD - 0,39 Rx + 1,3 Ry$
40. $0,73 D + 0,73 SD - 0,39 Rx - 1,3 Ry$

5.5 Rekapitulasi Profil Digunakan

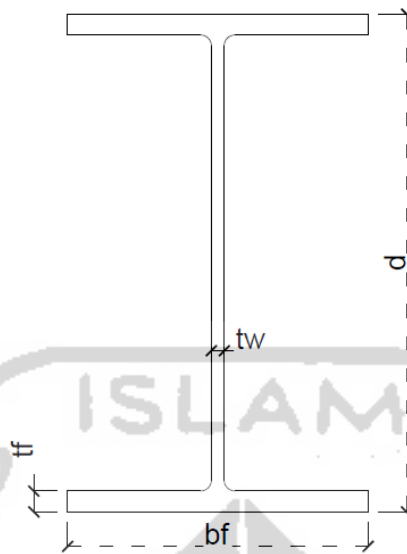
Rekapitulasi profil yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut. Untuk mempermudah memahami perletakan profil yang akan digunakan dapat dilihat di Gambar 5.5 Dan Gambar 5.6 berikut. Tampak muka dan tampilan 3D dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.6. Untuk permodelan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.



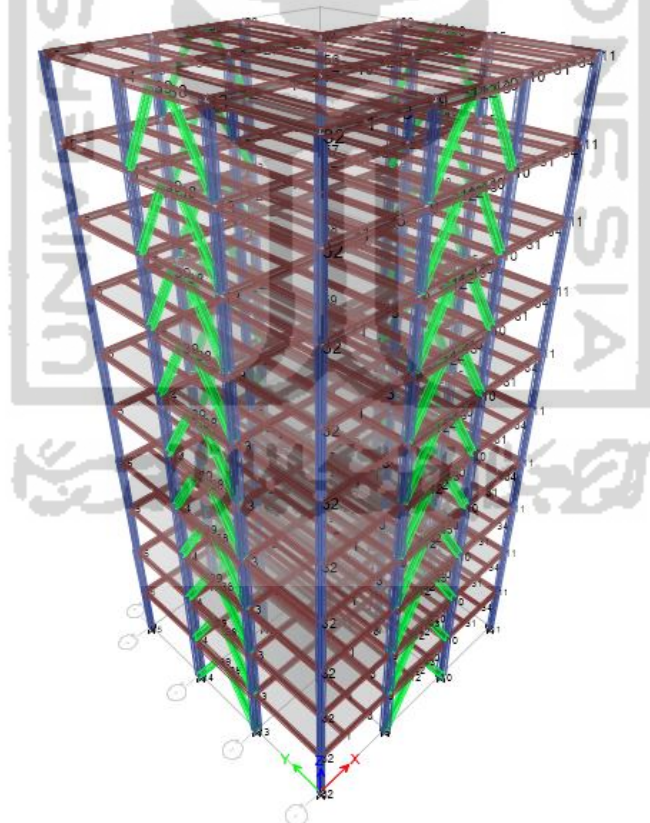
Gambar 5. 5 Kodefikasi Profil Posisi Breis Luar



Gambar 5. 6 Kodefikasi Profil Posisi Breis Dalam



Gambar 5. 7 Notasi Profil Baja



Gambar 5. 8 Tampak 3D Permodelan dengan Breis

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Profil yang Digunakan

Lantai	Link	Breis	Kolom SRBE	Kolom nonSRBE	Balok X	Balok Y	Balok Anak
9-10	W460x128	W250x115	W360x179	W310x143	W310x67	W250x49,1	W200x35,9
7-8	W610x174	W310x202	W360x287	W310x158	W310x67	W250x49,1	W200x35,9
5-6	W610x174	W310x253	W360x463	W310x179	W310x67	W250x49,1	W200x35,9
3-4	W610x174	W310x253	W360x551	W310x202	W310x67	W250x49,1	W200x35,9
1-2	W610x174	W310x253	W360x744	W310x253	W310x67	W250x49,1	W200x35,9

Tabel 5.2 hanya menampilkan kodefikasi profil baja sesuai dengan AISC *Shapes Database* v15.0 yang mana penulisan rekapitulasi kodefikasi dalam satuan SI. Untuk dimensi pada profil yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. 3 Dimensi Profil yang Digunakan

No	Kodefikasi	d	bf	tw	tf
		mm	mm	mm	mm
1	W200x35,9	201	165	6,2	10,2
2	W250x115	269	259	13,5	22,1
3	W250x49,1	247	205	7,4	11
4	W310x143	323	310	14	22,9
5	W310x158	328	310	15,5	25,1
6	W310x179	333	312	18	28,2
7	W310x202	340	315	20,1	31,8
8	W310x202	340	315	20,1	31,8
9	W310x253	356	320	24,4	39,6
10	W310x253	356	320	24,4	39,6
11	W310x67	307	204	8,51	14,6
12	W360x179	368	373	15	23,9
13	W360x287	394	399	22,6	36,6
14	W360x463	434	411	35,8	57,4
15	W360x551	455	419	42,2	67,6
16	W360x744	498	432	55,6	88,9
17	W460x128	467	282	12,2	19,6
18	W610x174	617	235	14	21,6

5.6 Analisis Pengaruh Konfigurasi dan Posisi Breis

5.6.1 Pengecekan Awal

1. Partisipasi Massa

Partisipasi massa didapatkan dari analisis ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Analysis Results - Structure Output – Modal Participating Mass Ratio*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Partisipasi Massa Analisis Konfigurasi Breis

Mo de	Split-K Posisi Muka		Dshape Posisi Muka		Bangunan Tanpa Breis		Split-K Posisi Dalam		Dshape Posisi Dalam	
	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY
1	0,11	0,58	0,55	0,13	0,00	0,77	0,04	0,05	0,12	0,11
2	0,68	0,69	0,68	0,69	0,75	0,77	0,36	0,42	0,48	0,44
3	0,69	0,69	0,69	0,69	0,75	0,77	0,69	0,69	0,69	0,69
4	0,69	0,89	0,87	0,70	0,75	0,88	0,70	0,70	0,70	0,70
5	0,89	0,89	0,88	0,89	0,87	0,88	0,75	0,85	0,82	0,78
6	0,89	0,89	0,88	0,89	0,87	0,88	0,89	0,90	0,89	0,89
7	0,89	0,95	0,93	0,90	0,87	0,92	0,89	0,90	0,89	0,89
8	0,94	0,95	0,94	0,94	0,91	0,92	0,89	0,90	0,89	0,89
9	0,94	0,97	0,94	0,96	0,91	0,95	0,90	0,94	0,92	0,92
10	0,96	0,97	0,96	0,97	0,91	0,95	0,95	0,95	0,94	0,95
11	0,96	0,97	0,96	0,97	0,94	0,95	0,95	0,95	0,94	0,95
12	0,96	0,98	0,96	0,98	0,94	0,96	0,95	0,95	0,94	0,95
13	0,97	0,98	0,97	0,98	0,94	0,96	0,95	0,95	0,94	0,95
14	0,97	0,99	0,97	0,98	0,94	0,97	0,95	0,97	0,96	0,96
15	0,98	0,99	0,98	0,98	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
16	0,98	0,99	0,98	0,98	0,96	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
17	0,98	0,99	0,98	0,99	0,96	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
18	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98
19	0,99	1,00	0,99	0,99	0,97	0,99	0,98	0,98	0,97	0,98
20	0,99	1,00	0,99	0,99	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98	0,98

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa semua bangunan telah memenuhi persyaratan partisipasi massa yang berlaku yaitu lebih dari 90% atau 0,9.

2. Skala Gaya

Gaya geser statis didapatkan dari analisis ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Load Pattern Definitions – Auto Seismic Load – Auto Seismic – ASCE*

7-10. Gaya geser dinamis didapatkan dari analisis ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Analysis Results – Structure Output – Base Reactions*. Berikut ini adalah contoh perhitungan pengecekan skala gaya yang akan dicontohkan pada Split-K Posisi Muka arah X.

$$V_{statik\ x} = 1355,88 \quad \text{kN.}$$

$$V_{dinamik\ x} = 1146,63 \quad \text{kN.}$$

$$0,85 V_{statik\ x} = 0,85 \times 1355,88$$

$$= 1152,49 \quad \text{kN} > V_{dinamik\ x} \quad (\text{tidak memenuhi}).$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Skala Gaya Analisis Konfigurasi Breis

Asumsi Awal						
Model	Vstatik		Vdinamik		Kontrol 85%	
	X	Y	X	Y		
	kN	kN	kN	kN	X	Y
Split-K Posisi Muka	1355,88	1342,96	1146,63	1152,97	Tidak Memenuhi	Memenuhi
Dshape Posisi Muka	1222,32	1232,98	1059,90	1074,91	Memenuhi	Memenuhi
Bangunan Tanp Breis	1076,00	1076,00	628,47	556,27	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Split-K Posisi Dalam	1406,00	1367,12	1099,40	1103,93	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Dshape Posisi Dalam	1217,2638	1217,2638	893,9985	905,5210	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi

Jika $V_{dinamik\ x} < 0,85 V_{statik\ x}$, maka harus dilakukan pengecekan faktor skala gaya geser dinamik. Berikut adalah contoh perhitungan skala awal baru pada Bangunan Tanpa Breis arah X.

$$\text{Faktor Skala} = 1226,25$$

$$\text{Faktor Sakal Revisi} = 1226,25 \times 0,85(1355,88/1146,63)$$

$$= 1232,52$$

Revisi faktor skala untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Revisi Faktor Skala Gaya

Revisi Faktor Skala Awal		
Model	Faktor Skala Revisi	
Split-K Posisi Muka	1232,52	Tidak Perlu
Dshape Posisi Muka	Tidak Perlu	Tidak Perlu
Bangunan Tanp Breis	1784,55	2016,15
Split-K Posisi Dalam	1332,99	1290,81
Dshape Posisi Dalam	1419,21	1401,15

3. Ketidakberaturan Bangunan

a. Ketidakberaturan torsi

Ketidakberaturan torsi dibagi menjadi ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebihan. Ketidakberaturan torsi terjadi apabila *displacement* maksimum lebih besar dari 1,2 *displacement* rata-rata ($\delta_{max} > 1,2\delta_{average}$). Ketidakberaturan torsi berlebihan terjadi apabila *displacement* maksimum lebih besar dari 1,4 *displacement* rata-rata ($\delta_{max} > 1,4\delta_{average}$). Ketidakberaturan torsi pada penelitian ini dicek pada titik-titik tepi model bangunan. Titik joint tinjauan pertama adalah joint 32-15 (X) dan 32-11 (Y). titik joint tinjauan kedua adalah joint 11-26 (X) dan 15-23 (Y).

Berikut ini adalah contoh perhitungan ketidakberaturan torsi yang dicontohkan pada Split-K Posisi Muka arah X joint 32-15 lantai 10.

$$\delta_{32_{max}} = 74 \quad \text{mm}$$

$$\delta_{15_{max}} = 69,8 \quad \text{mm}$$

$$\delta_{avg} = 71,9 \quad \text{mm}$$

$$1,2 \delta_{avg} = 1,2 \times 71,9 = 89,16 \quad \text{mm}, \delta_{max} < 1,2\delta_{average}$$

$$1,4 \delta_{avg} = 1,4 \times 71,9 = 91,14 \quad \text{mm}, \delta_{max} < 1,4\delta_{average}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa tidak terjadi ketidakberaturan torsi pada Split-K Posisi Muka. Ketidakberaturan torsi juga tidak terjadi pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan

Tanpa Breis dan Split-K Posisi Dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran.

b. Ketidakberaturan sudut dalam

Berikut ini adalah perhitungan ketidakberaturan sudut dalam untuk semua permodelan.

$$P_x = 12 \text{ m}$$

$$L_x = 18 \text{ m}$$

$$0,15L_x = 2,7 \text{ m}$$

$$P_x = 12 \text{ m}$$

$$L_x = 18 \text{ m}$$

$$0,15L_x = 2,7 \text{ m}$$

$P_x < 0,15L_x$ dan $P_y < 0,15L_y$, sehingga ada ketidakberaturan sudut dalam.

c. Ketidakberaturan kekakuan

Ketidakberaturan kekakuan dapat dibagi menjadi ketidakberaturan kekakuan dan ketidakberaturan kekakuan berlebihan. Ketidakberaturan kekakuan terjadi apabila kekakuan pada lantai yang ditinjau lebih kecil 70 % dibanding lantai di atasnya dan 80 % dibanding 3 lantai di atasnya ($K_n < 70\%K_{n+1}$) dan ($K_n < 80\%K_{n+3}$). Ketidakberaturan kekakuan berlebihan terjadi apabila kekakuan pada lantai yang ditinjau lebih kecil 60 % ($K_n < 60\%K_{n+1}$) dibanding lantai di atasnya dan 70% dibanding 3 lantai di atasnya ($K_n < 70\%K_{n+1}$). Berikut adalah contoh perhitungan ketidakberaturan pada Split-K Posisi Muka arah X.

$$K_{10} = 45941,44 \text{ kN/m.}$$

$$K_8 = 122718,50 \text{ kN/m}$$

$$K_7 = 144824,73 \text{ kN/m}$$

$$0,8K_{10} = 36753,16 \text{ kN/m}$$

$$0,7K_{10} = 32159,01 \text{ kN/m}$$

$$0,7K_8 = 85902,95 \text{ kN/m}$$

$$0,6K_8 = 73632,10 \text{ kN/m}$$

$K_7 < 70\%K_8$ dan $K_7 < 80\%K_{10}$, sehingga tidak terjadi ketidakberaturan kekakuan. $K_7 < 60\%K_8$ dan $K_7 < 70\%K_{10}$, sehingga tidak terjadi ketidakberaturan kekakuan berlebihan. Berdasarkan analisis tidak terjadi ketidakberaturan kekakuan di Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan Tanpa Breis dan Split-K Posisi Dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran.

d. Ketidakberaturan masa

Ketidakberaturan masa terjadi apabila berat lantai yang ditinjau lebih besar dari 150% berat lantai yang berdekatan ($W_n > 150\% W_{n\pm 1}$). Pada atap ketidakberaturan massa tidak perlu diperhitungkan. Berikut ini adalah contoh perhitungan ketidakberaturan masa Split-K Posisi Muka.

$$W_8 = 313114,56 \text{ kg}$$

$$W_9 = 310159,56 \text{ kg}$$

$$W_9/W_8 = 310159,56/313114,56 * 100 = 100,95 \%, \text{ aman.}$$

Berdasarkan analisis tidak terjadi ketidakberaturan masa pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan Tanpa Breis dan Split-K Posisi Dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di lampiran.

e. Diskontinuitas kuat lateral

Diskontinuitas kuat lateral dapat dibagi menjadi diskontinuitas kuat lateral dan diskontinuitas kuat lateral berlebihan. Diskontinuitas kuat lateral didefinisikan terjadi apabila kuat lateral lantai kurang dari 80% dari lantai di atasnya ($V_n < 80\%V_{n+1}$). Diskontinuitas kuat lateral berlebihan didefinisikan terjadi apabila kuat lateral lantai kurang dari 65% dari lantai di atasnya ($V_n < 65\%V_{n+1}$). Berikut ini adalah contoh perhitungan diskontinuitas kuat lateral pada Split-K Posisi Muka arah X.

$$V_{10} = 178,65 \text{ kN.}$$

$$V_9 = 403,05 \text{ kN}$$

$$0,8V_9 = 142,92 \text{ kN}$$

$$0,65V_9 = 116,13 \text{ kN}$$

$V_{10} < 80\%V_9$, maka tidak terjadi diskontinuitas kuat lateral.

$V_{10} < 65\%V_9$, maka tidak terjadi diskontinuitas kuat lateral berlebihan.

Berdasarkan hasil analisis tidak terjadi diskontinuitas kuat lateral berlebihan pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan Tanpa Breis dan Bangunan Tanpa Breis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran.

4. Pengecekan Asumsi Beban Notional

Pengecekan asumsi beban notional dilakukan dengan membandingkan simpangan antar lantai 1st order dan 2nd order. Asumsi beban notional dinyatakan benar apabila $\delta_{2nd\ order}/\delta_{1st\ order} < 1,7$. Asumsi beban notional di cek pada joint dengan nilai displacement terbesar yaitu joint 32

$$\Delta_{10_{2nd\ order}} = 34,8 \quad \text{mm}$$

$$\Delta_{10_{1st\ order}} = 30,4 \quad \text{mm}$$

$$\Delta_{2nd}/\Delta_{1st} = 34,8/30,4 = 1,14 < 1,7 \text{ (aman).}$$

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa asumsi beban notional sudah benar pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan Tanpa Breis dan Split-K Posisi Dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran.

5. Pengecekan P-Delta

Pengecekan P-Delta dilakukan dengan cara menghitung koefisien stabilitas (θ). P-Delta didefinisikan ada jika koefisien stabilitas tiap lantai melebihi koefisien stabilitas maksimum yang ditentukan di peraturan yang berlaku. Berikut ini adalah contoh perhitungan koefisien stabilitas Split-K Posisi Muka arah X lantai 10.

$$h_{sx} = 4000 \quad \text{mm.}$$

$$P_x = 1739,54 \quad \text{kN.}$$

$$V_x = 178,65 \quad \text{kN.}$$

$$\Delta = 3,90 \quad \text{mm.}$$

$$I_e = 1$$

$$C_d = 4$$

$$\theta_x = \frac{1739,54 \times 3,9 \times 1}{178,65 \times 4000 \times 4} = 0,004 < 1,25 \text{ (P-Delta diabaikan).}$$

Berdasarkan hasil analisis P-Delta pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka, Bangunan Tanpa Breis dan Split-K Posisi Dalam diabaikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran.

5.6.2 Pengecekan Kapasitas Profil

1. Link

Perencanaan *link* dilakukan dengan asumsi bahwa *link* termasuk dalam kategori *link* pendek. Panjang link direncanakan seragam dengan panjang 1000 mm. Portal SRBE pada ETABS terlebih dahulu akan direlease agar dapat memperhitungkan nilai gaya aksial *ultimate* yang terjadi. Berikut ini adalah rekapitulasi gaya dalam yang terjadi pada *link*.

$$P_u = 100,7904 \text{ kN}$$

$$V_u = 360,5896 \text{ kN}$$

Berikut ini akan dicontohkan perhitungan kapasitas *link* pada Split-K Posisi Muka lantai 1 dengan profil IWF 610X174

a. Properti profil

Berikut ini adalah properti profil IWF 610x174.

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$d = 617 \text{ mm}$$

$$b_f = 235 \text{ mm}$$

$$t_w = 14 \text{ mm}$$

$$t_f = 21,6 \text{ mm}$$

$$r_o = 12,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h_o &= d - 2t_f - 2r_o \\ &= 617 - 2(21,6) - 2(12,7) \\ &= 548,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$r_x = 257,3 \text{ mm}$$

$$r_y = 74,7 \text{ mm}$$

$$A_g = 22200 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 147000 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 12400 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$Z_x = 5360 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 1170 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$S_x = 4770 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 S_y &= 762 \quad \times 10^3 \text{ mm} \\
 J &= 2800 \quad \times 10^3 \text{ mm} \\
 C_w &= 11000 \quad \times 10^9 \text{ mm} \\
 E &= 200000 \quad \text{MPa} \\
 F_y &= 250 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$

b. Desain elemen tekan

Profil yang digunakan pada perencanaan ini adalah IWF tanpa kelangsingan sehingga yang terjadi adalah kelelahan lentur (*flexural buckling*) dan kelelahan torsi (*torsional buckling*).

1) Ketentuan umum

$$\begin{aligned}
 L &= 4000 \quad \text{mm} \\
 r_y &= 74,7 \quad \text{mm} \\
 K &= 1 \\
 KL/r_y &= 1 \times 4000 / 74,7 = 53,55 < 200 \text{ (Tak Langsing)}
 \end{aligned}$$

2) Cek rasio lebar-tebal

Sayap :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= b/t = (235/2)/21,5 = 5,4398 \\
 \lambda_r &= 0,56(\sqrt{E/F_y}) = 0,56(\sqrt{200000/250}) = 15,8392 \\
 \lambda &< \lambda_r, \text{ aman}
 \end{aligned}$$

Badan :

$$\begin{aligned}
 \lambda &= h_0/t_w = (548,4)/14 = 38,2643 \\
 \lambda_r &= 1,49(\sqrt{E/F_y}) = 1,49(\sqrt{200000/250}) = 42,1436 \\
 \lambda &< \lambda_r, \text{ aman}
 \end{aligned}$$

3) Tekuk lentur

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,22$$

$$\frac{KL}{r_y} < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\begin{aligned}
 F_e &= (\pi^2 E) / (KL/r_y)^2 \\
 &= (\pi^2 \times 200000) / (53,55)^2 \\
 &= 688,42 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= [0,658^{F_y/F_e}] F_y \\
 &= [0,658^{250/688,42}] 250 \\
 &= 214,75 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} A_g \\
 &= 214,75 \times 22200 \\
 &= 4767396,361 \text{ N} \\
 &= 4767,3964 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4) Tekuk torsi

Perhitungan tekuk torsi hampir sama dengan perhitungan tekuk lentur, perbedaan terdapat pada nilai tegangan tekuk elastis, F_e . Berikut ini adalah perhitungannya.

$$\begin{aligned}
 F_e &= \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \\
 F_{e1} &= \left[\frac{\pi^2 \times 200000 \times 11000 \times 10^9}{(0,5 \times 1000)^2} + 77200 \times 2800 \times 10^3 \right] \\
 F_{e2} &= \frac{1}{147000 \times 10^4 + 12400 \times 10^4} \\
 F_e &= F_{e1} \times F_{e2} \\
 F_e &= 3508,29 \text{ MPa} \\
 F_{cr} &= [0,658^{F_y/F_e}] F_y \\
 &= [0,658^{250/3508,29}] 250 \\
 &= 246,30 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} A_g \\
 &= 246,30 \times 22200 \\
 &= 5467847,43 \text{ N} \\
 &= 5467,8474 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) Cek kapasitas tekan

$$P_n \text{ min} = 4767,3964 \quad \text{kN}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,9 \times 4767,3964 && \text{kN} \\
 &= 4290,6567 && \text{kN} \\
 P_u &= 100,7904 && \text{kN} \\
 P_u/P_n &= 100,7904 / 4290,6567 \\
 &= 0,0235
 \end{aligned}$$

c. Desain kapasitas geser link

Dari analisis sebelumnya didapatkan bahwa nilai $P_r/P_c < 0,2$ sehingga tidak memerlukan pengaruh gaya aksial untuk menghitung gaya geser. Gaya geser harus dicek terhadap dominan geser dan dominan lentur.

1) Kelelahan geser

$$\begin{aligned}
 A_{lw} &= (d - 2t_f)t_w \\
 &= (617 - 2 \times 21,6)14 \\
 &= 6033,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6F_y A_{lw} \\
 &= 0,6 \times 250 \times 6033,2 \\
 &= 1204,98 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) Kelelahan lentur

$$\begin{aligned}
 M_p &= F_y Z_x \\
 &= 250 \times (5360 \times 10^3) \times 10^{-6} \\
 &= 1340 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= (2M_p)/e \\
 &= (2 \times 1340)/1 \\
 &= 2680 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3) Kapasitas geser digunakan

$$\begin{aligned}
 V_{nmin} &= 1204,98 && \text{kN} \\
 \phi V_n &= 1204,98 \times 0,9 \\
 &= 1084,4820 && \text{kN} \\
 V_u/\phi V_n &= 360,5896/1084,4820 \\
 &= 0,33
 \end{aligned}$$

d. Cek asumsi panjang *link*

$$\begin{aligned}
 e &= 1000 \text{ mm} \\
 (1,6M_p)/V_p &= (1,6 \times 1340)/1204,98 \\
 &= 1,7793 > 1, \text{ asumsi benar}
 \end{aligned}$$

e. Cek rotasi sudut dalam

$$\begin{aligned}
 \delta e_{13} &= 2,7 \\
 \delta_{13} &= (C_d \times \delta e_{13})/I = (4 \times 2,7)/1 = 10,8 \text{ mm} \\
 \theta_p &= \Delta/h = 10,8/4000 = 0,0027 \\
 \gamma_p &= (L/e) \times \theta_p = (6000/1000) \times 0,0027 = 0,0162, < 0,08.
 \end{aligned}$$

2. Balok *Link*

Perencanaan balok *link* pada umumnya akan menggunakan profil yang sama dengan *link*. Hal ini untuk mempermudah dalam proses konstruksi. Dalam pengecekan nilai batasan rasio lebar-tebal elemen tekan, balok *link* harus didesain sebagai elemen daktail menengah (*moderately ductile member*) pada *Section D1.1 AISC 341-10*. Gaya dalam yang terjadi pada balok *link* harus dihitung dengan meningkatkan nilai gaya gempa pada balok *link* sebesar $1,1 \times R_y \times V_n$. V_n adalah kapasitas geser *link*. Berikut ini adalah rekapitulasi gaya dalam *ultimate* yang akan dicontohkan pada Split-K Posisi Muka Lantai 1.

$$\begin{aligned}
 P_u &= 318,565 \text{ kN} \\
 M_{ux} &= 550,081 \text{ kNm} \\
 M_{uy} &= 0,0011 \text{ kNm} \\
 V_u &= 266,724 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

a. Properti profil

Properti profil yang digunakan pada balok *link* sama dengan yang digunakan di *link*.

b. Desain elemen tekan

Link didesain direlease terhadap diapragma agar dapat menerima gaya aksial, hal ini kemudian menyebabkan balok *link* juga akan menerima gaya aksial yang terjadi. Tahapan perhitungan kapasitas tekan pada balok *link* sama dengan sebelumnya. Perbedaan desain elemen tekan terdapat pada

pengecekan nilai batasan rasio tebal-lebar. Berikut ini adalah contoh perhitungan ratio batas-lebar Split-K Posisi Muka Lantai 1 profil IWF 610x174.

Sayap :

$$\lambda = b/t = (235/2)/21,5 = 5,4398$$

$$\lambda_r = 0,38(\sqrt{E/F_y}) = 0,38(\sqrt{200000/250}) = 10,7480$$

$$\lambda < \lambda_r, \text{ aman}$$

Badan :

$$\lambda = h_0/t_w = (548,4)/14 = 38,2643$$

$$\lambda_r = 1,49(\sqrt{E/F_y}) = 1,49(\sqrt{200000/250}) = 42,1436$$

$$\lambda < \lambda_r, \text{ aman}$$

c. Desain elemen lentur sumbu kuat

Berikut ini adalah desain elemen lentur balok *link* yang akan dicontohkan pada Split-K Posisi Muka Lantai 1 dengan profil IWF 610x174. Profil didesain sebagai elemen kompak sehingga batasan yang terjadi adalah kelelahan (*yielding*) dan tekuk lateral-torsi (*lateral torsional buckling*).

1) Ketentuan umum

$$\phi = 0,9$$

2) Cek batasan ratio tebal-lebar

Sayap :

$$\lambda = b/t = (235/2)/21,5 = 5,4398$$

$$\lambda_r = 0,38(\sqrt{E/F_y}) = 0,38(\sqrt{200000/250}) = 10,7480$$

$$\lambda < \lambda_r, \text{ aman}$$

Badan :

$$\lambda = h_0/t_w = (548,4)/14 = 38,2643$$

$$\lambda_r = 3,76(\sqrt{E/F_y}) = 3,76(\sqrt{200000/250}) =$$

$$108,5419$$

$$\lambda < \lambda_r, \text{ aman}$$

3) Kelelahan

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = F_y Z_x \\
 M_p &= 250 \times 5360000 \\
 &= 134 \times 10^9 \quad \text{Nmm} \\
 &= 1340 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

4) Tekuk lateral-torsi

$$\begin{aligned}
 L_b &= 2000 \quad \text{mm} \\
 L_p &= 1,76 r_y \sqrt{E/F_y} = 1,76 \times 74,7 \times \sqrt{200000/250} \\
 &= 3718,5897 \quad \text{mm} \\
 r_{ts} &= \sqrt{I_y C_w / S_x} = \sqrt{1,47 \times 10^9 \times 1,1 \times 10^{13} / 5,36 \times 10^6} \\
 &= 83,0082 \quad \text{mm} \\
 L_{r1} &= \sqrt{(Jc/S_x h_o)^2 + 6,76(0,7F_y/E)^2} \\
 &= \sqrt{(2800000 \times 1/5360000 \times 595,4)^2 + 6,76(0,7250/200000)^2} \\
 &= 0,0025 \\
 L_{r2} &= \sqrt{Jc/S_x h_o + \sqrt{L_{r1}}} \\
 &= \sqrt{Jc2800000/5360000 \times 595,4 + \sqrt{0,0025}} \\
 &= 0,0355 \\
 L_{r3} &= [1,95 r_{ts} (E/0,7F_y)] \times L_{r2} \\
 &= [1,95 \times 5,8751 \times (200000/0,7 \times 250)] \times 0,0355 \\
 &= 6564,5334 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

$L_b < L_p$, maka tekuk torsi lateral tidak berlaku.

5) Cek perbandingan rasio elemen lentur

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= 0,9 \times 1340 = 1206 \quad \text{kNm} \\
 M_u / \emptyset M_n &= 550,081 / 1206 = 0,4516, \text{ aman}
 \end{aligned}$$

d. Desain elemen lentur sumbu lemah

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p = F_y Z_y &\leq 1,6 F_y S_y \\
 M_p = 250 \times 1170000 \times 10^{-6} &\leq 1,6 \times 250 \times 762000 \times 10^{-6} \\
 M_p = 292,5 &\leq 304,8
 \end{aligned}$$

$$M_n = 292,5 \quad \text{kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 292,5 = 263,25 \quad \text{kNm}$$

Cek kapasitas elemen lentur sumbu lemah,

$$M_u/M_n = 0,0011/263,25 = 4 \times 10^{-6}, \text{ aman}$$

e. Desain elemen geser

1) Kuat geser

$$h/t_w = 257,3/14 = 18,3786$$

$$2,24\sqrt{E/F_y} = 2,24\sqrt{200000/250} = 63,3568$$

$$h/t_w < 2,24\sqrt{E/F_y}, \text{ maka nilai } \phi_v = 1 \text{ dan } C_v = 1$$

$$A_w = dt_w = 617 \times 14 = 8638 \quad \text{mm}^2$$

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v = 0,6 \times 250 \times 8638 \times 1 \times 10^3 = 1295,7 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = 1 \times 1295,7 = 1295,7 \quad \text{kN}$$

2) Cek rasio perbandingan elemen geser

$$V_u/\phi V_n = 266,724/1295,7 = 0,2059, \text{ aman.}$$

f. Desain elemen kombinasi gaya dan torsi

$$P_r = 318,57 \quad \text{kN}$$

$$P_c = 3396,12 \quad \text{kN}$$

$$M_{rx} = 550,08 \quad \text{kNm}$$

$$M_{cx} = 1206 \quad \text{kNm}$$

$$M_{ry} = 0,0011 \quad \text{kNm}$$

$$M_{cy} = 263,25 \quad \text{kNm}$$

$$(P_r/P_c) < 0,2$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{318,57}{2 \times 3396,12} + \left(\frac{550,08}{1206} + \frac{0,0011}{263,25} \right) = 0,5030 < 1, \text{ aman}$$

3. Breis

Dalam pengecekan nilai batasan rasio lebar-tebal, balok *brace* harus didesain sebagai elemen daktail menengah (*moderately ductile member*) pada *Section D1.1 AISC 341-10*. Gaya dalam yang terjadi pada balok *link* harus dihitung

dengan meningkatkan nilai gaya gempa sebesar $1,25 \times R_y \times V_n$. V_n adalah kapasitas geser *link*. Berikut ini adalah rekapitulasi gaya dalam *ultimate* yang akan dicontohkan pada Split-K Posisi Muka Lantai 1.

$$\begin{aligned} P_u &= 4161,38 && \text{kN} \\ M_{uy} &= 6,2548 && \text{kNm} \end{aligned}$$

4. Kolom SRBE

Dalam pengecekan nilai batasan rasio lebar-tebal, balok *brace* harus didesain sebagai elemen daktail tinggi (*highly ductile member*) pada *Section D1.1 AISC 341-10*. Gaya dalam yang terjadi pada kolom harus dihitung dengan meningkatkan nilai gaya gempa sebesar $1,1 \times R_y \times V_n$. Nilai pembesaran sebesar 1,1 diijinkan untuk digunakan pada bangunan terbreis dengan jumlah lantai lebih dari 3 (tiga). V_n adalah kapasitas geser *link*. Berikut ini adalah rekapitulasi gaya dalam *ultimate* yang akan dicontohkan pada Split-K Posisi Muka Lantai 1.

$$\begin{aligned} P_u &= 15621,03 && \text{kN} \\ M_{ux} &= 211,4714 && \text{kNm} \\ M_{uy} &= 27,6529 && \text{kNm} \\ V_u &= 54,7726 && \text{kN} \end{aligned}$$

5. Balok Luar *Link*

Balok diluar *link* didesain memiliki sambungan jepit (*pinned*) sehingga pada balok ini hanya akan menahan beban grafitasi. Desain kapasitas balok luar *link* sama dengan analisis profil sebelumnya.

6. Balok Anak

Balok anak didesain sama dengan balok luar *link*. Balok anak didesain membentang ke arah Y dengan ujungnya menempel pada balok arah Y.

7. Kolom nonSRBE

Kolom nonSRBE didesain memiliki sambungan jepit (*pinned*). Desain sambungan jepit mengakibatkan gaya yang terjadi pada kolom nonSRBE hanya sebatas gaya grafitasi. Analisis kolom nonSRBE sama dengan kolom SRBE tanpa adanya peningkatan gaya akibat kapasitas *link*.

5.6.3 Analisis Perilaku Struktur

1. Periode

Periode natural model didapatkan dari hasil analisis ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Analysis Results – Structure Output – Modal Information – Modal Period and Frequencies*. Dari hasil analisis didapatkan periode sebagai berikut ini.

Split-K Posisi Muka = 1,3310 dt.

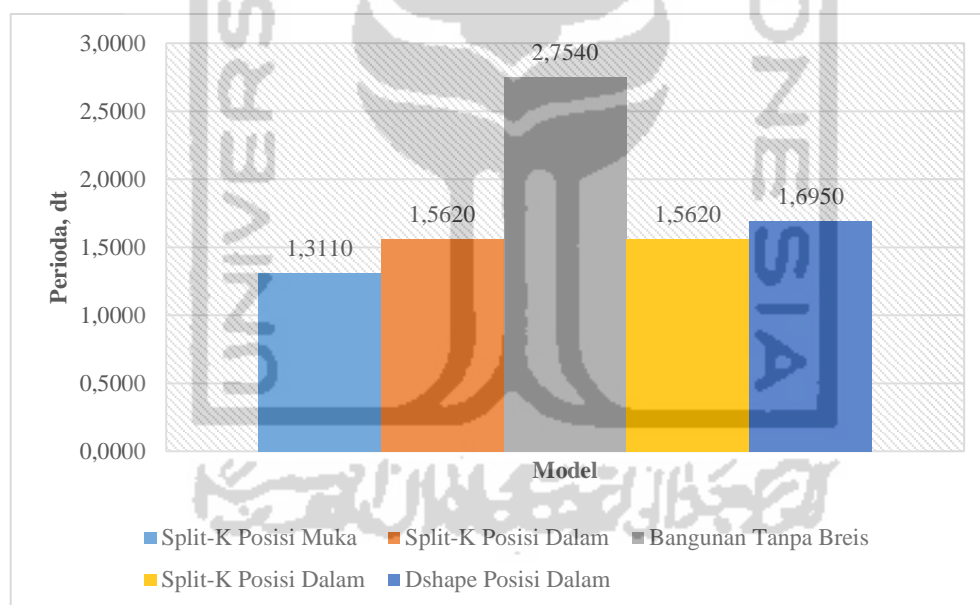
Dshape Posisi Muka = 1,4290 dt.

Bangunan Tanpa Breis = 2,7540 dt

Split-K Posisi Dalam = 1,5620 dt

Dshape Posisi Dalam = 1,6950 dt

Grafik perbandingan periode natural analisis pengaruh konfigurasi breis dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5. 9 Grafik Perbandingan Periode Natural

Berdasarkan analisis didapatkan bahwa periode natural terkecil terjadi pada bangunan *Split-K* Posisi Muka dengan nilai 1,3110 dt.

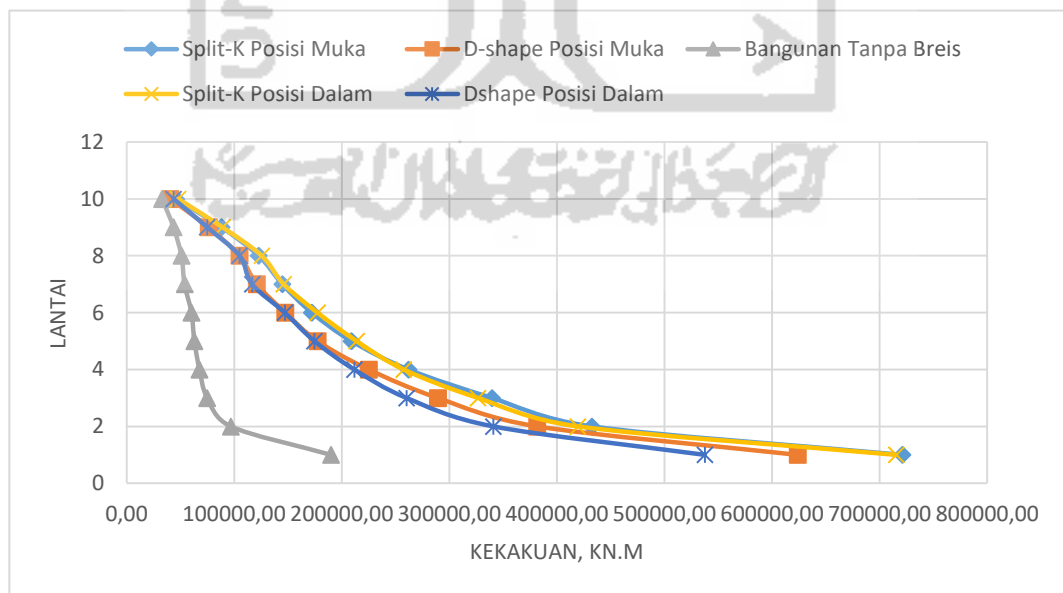
2. Kekakuan Struktur

Kekakuan struktur didapatkan dari ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Analysis – Results – Structure Results – Story Stiffness*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

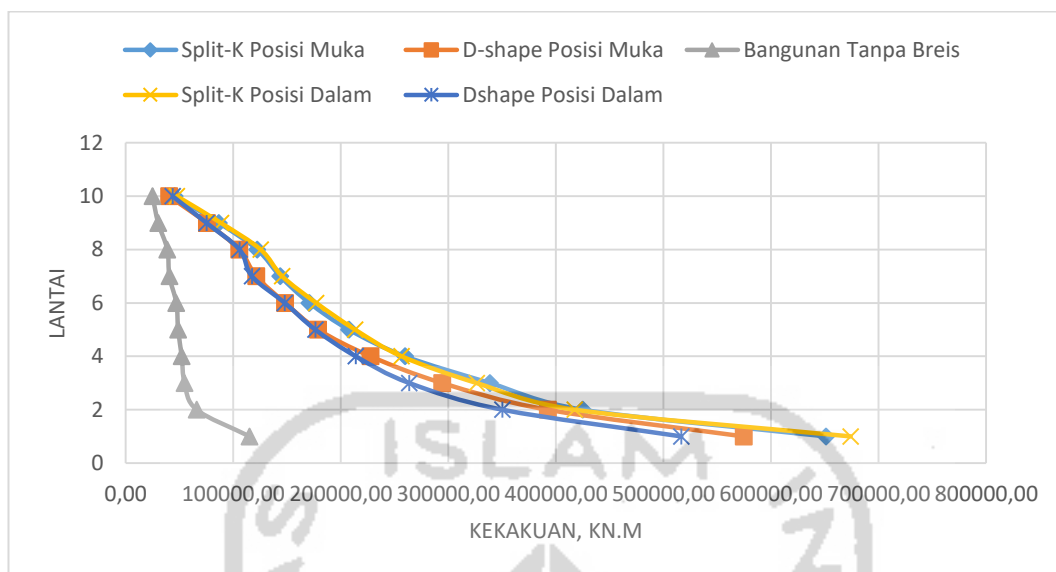
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Kekakuan Lantai Analisis Konfigurasi Breis

Lantai	Split-K Posisi Muka		D-shape Posisi Muka		Bangunan Tanpa Breis		Split-K Posisi Dalam		Dshape Posisi Dalam	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
10	45941,44	45465,55	40468,57	40244,03	32986,23	24858,78	47867,11	47614,28	43697,95	43529,01
9	88124,61	86627,79	76186,98	75367,71	43615,19	30174,93	89196,32	88493,20	74957,58	75101,35
8	122718,50	122328,33	104743,78	105528,60	50948,36	38711,21	125579,04	125479,57	104959,31	105790,48
7	144824,73	143674,61	121079,13	121407,54	53841,23	40565,84	146024,76	145487,48	116690,76	117350,30
6	172156,40	170866,45	147430,06	148241,30	60292,47	47081,20	177408,07	177134,43	146994,61	147913,06
5	209087,49	207507,41	177454,31	178828,94	63016,61	48718,45	213758,05	213292,23	174599,43	176276,21
4	261951,49	259745,86	225037,00	227601,15	67723,14	52059,23	257574,51	256581,05	211678,81	213919,65
3	339730,97	338661,41	289301,35	294331,63	74956,62	54712,93	326711,66	326252,75	260270,48	263630,83
2	432426,15	424891,38	381709,85	392409,93	96799,90	65955,93	419548,17	417503,82	340857,14	350256,33
1	721147,66	650983,35	623872,87	574540,68	190009,85	115195,50	715506,17	673965,03	537549,40	516504,98

Grafik perbandingan kekakuan per lantai analisis pengaruh konfigurasi breis dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11 berikut ini.



Gambar 5. 10 Grafik Perbandingan Kekakuan per Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X



Gambar 5. 11 Grafik Perbandingan Kekakuan per Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah Y

Hasil analisis pada kekakuan cukup bervariasi dimana konfigurasi *Split-K* posisi dalam sedikit lebih unggul dibandingkan *Split-K* posisi luar. Untuk konfigurasi didapatkan konfigurasi *Split-K* bekerja lebih baik dibandingkan konfigurasi *Dshape* baik pada posisi dalam maupun luar.

3. Massa Struktur

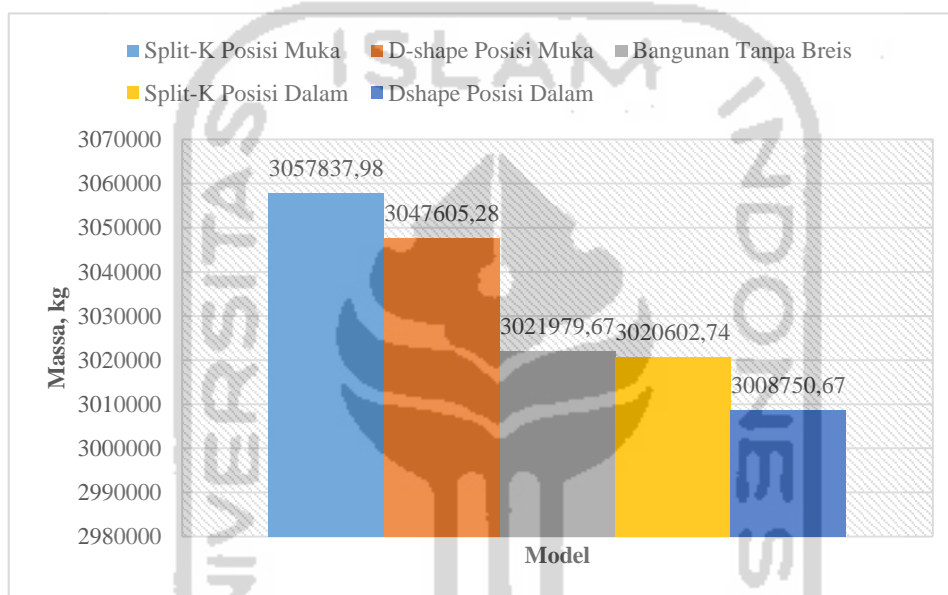
Massa struktur didapatkan dari hasil analisis ETABS dengan cara *Display – Show Tables – Analysis – Results – Structure Results – Center of Mass and Rigidity*. Rekapitulasi massa struktur analisis pengaruh konfigurasi breis dan grafik perbandingan massa analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.12 berikut ini.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Massa Struktur Analisis Pengaruh Konfigurasi Breis

Lantai	Split-K Posisi Muka	D-shape Posisi Muka	Bangunan Tanpa Breis	Split-K Posisi Dalam	Dshape Posisi Dalam
	kg	kg	kg	kg	kg
10	155381,1	155381,1	155381,1	155101,3	155101,3
9	310159,6	309447,8	307997,1	309590,9	308879,2
8	313114,1	312402,4	310951,7	311802,2	311090,4
7	316700,3	315444,8	312893,7	314641	313385,5

Lanjutan Tabel 5.8

6	319767,6	318512,1	315961,1	316469,1	315213,6
5	323844,3	322263,5	319060,3	319302,4	317721,5
4	325573,6	324802,4	320789,5	320512,2	318931,3
3	327322,6	326550	322538,5	321739,9	320157,6
2	331086,2	329503,9	326302,1	324382,7	322800,4
1	334888,7	333297,4	330104,7	327061,1	325469,8
Jumlah	3057838	3047605	3021980	3020603	3008751



Gambar 5. 12 Grafik Perbandingan Massa Analisis Konfigurasi Breis

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa *Dshape* posisi dalam memiliki berat terkecil.

4. Eksentrisitas Bangunan

Eksentrisitas bangunan didapatkan dengan menghitung selisih antar pusat massa dan pusat kekakuan. Nilai ini bisa langsung didapatkan dari aplikasi bantu ETABS. Cara menampilkan nilai tersebut adalah dengan *Display – Show Tables – Analysis – Results – Structure Results – Center of Mass and Rigidity*. Parameter yang diperlukan adalah nilai XCM dan YCM untuk pusat massa dan XCR serta YCR untuk pusat kekakuan. CM adalah *Center of Mass* atau pusat berat per lantai sedangkan CR adalah *Center of Rigidity* atau pusat kekakuan per lantai. Nilai CM dan CR dihitung berdasarkan jarak antara titik tinjau ke pusat

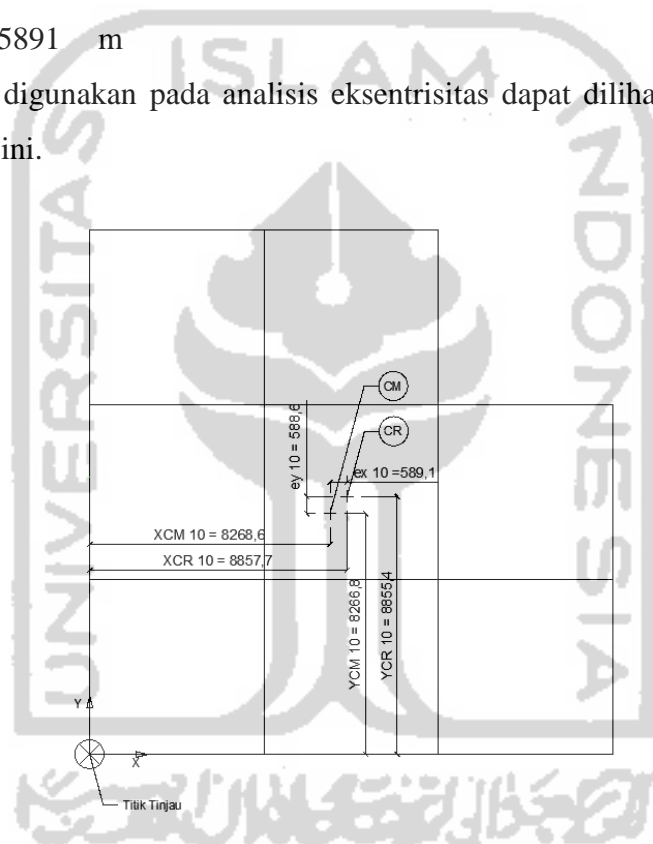
mass dan pusat kekakuan. Titik tinjau disini ditempatkan berada pada titik 32. Berikut ini adalah contoh perhitungan eksentrisitas bangunan dengan *Split-K* Posisi Muka Arah X Lantai 10.

$$X_{cm} = 8,2686 \text{ m.}$$

$$X_{cr} = 8,8577 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} e_x &= |X_{cm} - X_{cr}| \\ &= |8,2686 - 8,8577| \\ &= 0,5891 \text{ m} \end{aligned}$$

Notasi yang digunakan pada analisis eksentrisitas dapat dilihat pada Gambar 5.13 Berikut ini.



Gambar 5. 13 Notasi Analisis Eksentrisitas

Rekapitulasi analisis eksentrisitas analisis pengaruh konfigurasi breis dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12 dan Tabel 5.13. Grafik perbandingan eksentrisitas analisis pengaruh konfigurasi breis dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 berikut ini.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Eksentrisitas Split-K Posisi Muka

Lantai	Split-K Posisi Muka					
	XCM	YCM	XCR	YCR	ex	ey
	m	m	m	M	m	m
10	8,2686	8,2668	8,8577	8,8554	0,5891	0,5886
9	8,2913	8,2903	8,8784	8,8768	0,5871	0,5865
8	8,2971	8,2962	8,8955	8,894	0,5984	0,5978
7	8,3042	8,3033	8,914	8,9126	0,6098	0,6093
6	8,3098	8,3089	8,93	8,9287	0,6202	0,6198
5	8,3174	8,3165	8,9461	8,9449	0,6287	0,6284
4	8,3197	8,3188	8,9591	8,9582	0,6394	0,6394
3	8,322	8,3212	8,9695	8,969	0,6475	0,6478
2	8,327	8,3261	8,9787	8,9797	0,6517	0,6536
1	8,3318	8,331	8,9883	8,9825	0,6565	0,6515

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Eksentrisitas Dshape Posisi Muka

Lantai	Dshape Posisi Muka					
	XCM	YCM	XCR	YCR	ex	Ey
	m	m	m	m	m	M
10	8,2686	8,2668	8,8818	8,8767	0,6132	0,6099
9	8,2827	8,2816	8,8924	8,8908	0,6097	0,6092
8	8,2886	8,2876	8,9051	8,9037	0,6165	0,6161
7	8,2895	8,2883	8,9211	8,9196	0,6316	0,6313
6	8,2952	8,294	8,9362	8,934	0,641	0,64
5	8,2993	8,298	8,9513	8,9487	0,652	0,6507
4	8,3259	8,3072	8,9641	8,9607	0,6382	0,6535
3	8,3282	8,3096	8,973	8,9697	0,6448	0,6601
2	8,3093	8,3082	8,9771	8,9748	0,6678	0,6666
1	8,3145	8,3132	8,9752	8,9678	0,6607	0,6546

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Tanpa Breis

Lantai	Bangunan Tanpa Breis					
	XCM	YCM	XCR	YCR	ex	Ey
	m	m	m	m	m	M
10	8,2686	8,2668	8,5887	8,5057	0,3201	0,2389
9	8,2863	8,2853	8,6267	8,5451	0,3404	0,2598
8	8,2922	8,2913	8,6581	8,5761	0,3659	0,2848
7	8,2958	8,2949	8,6791	8,5998	0,3833	0,3049
6	8,3015	8,3006	8,6979	8,6216	0,3964	0,321

Lanjutan Tabel 5.11

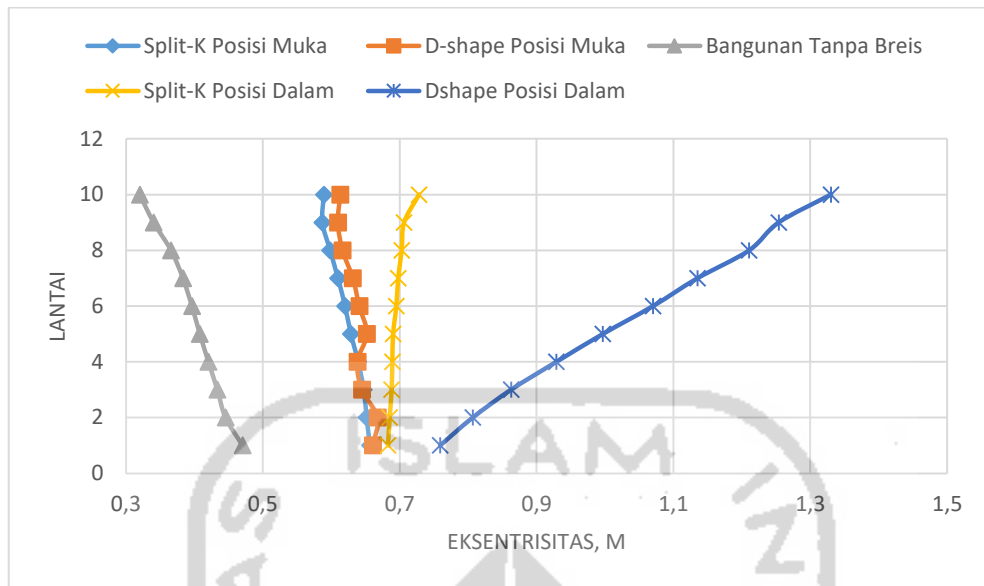
5	8,3071	8,3062	8,7151	8,6451	0,408	0,3389
4	8,3096	8,3087	8,7301	8,6669	0,4205	0,3582
3	8,312	8,3111	8,7456	8,692	0,4336	0,3809
2	8,3171	8,3163	8,7626	8,7201	0,4455	0,4038
1	8,3222	8,3213	8,7926	8,7617	0,4704	0,4404

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Split-K Posisi Dalam

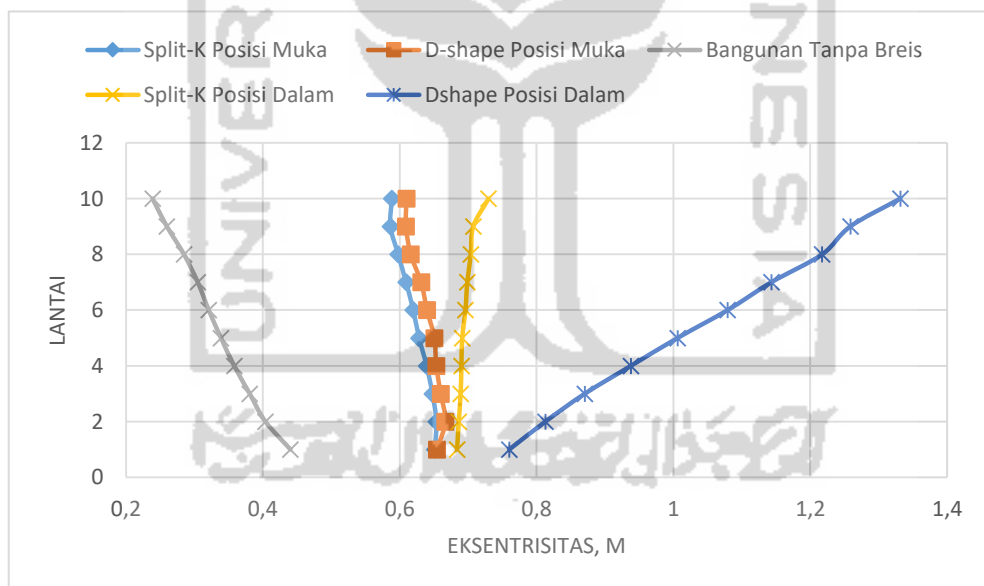
Lantai	Split-K Posisi Dalam					
	XCM	YCM	XCR	YCR	ex	ey
	m	m	m	m	m	m
10	8,2672	8,2653	8,9954	8,9952	0,7282	0,7299
9	8,2899	8,2889	8,9963	8,9964	0,7064	0,7075
8	8,2941	8,2931	8,997	8,9971	0,7029	0,704
7	8,2996	8,2987	8,9974	8,9975	0,6978	0,6988
6	8,3025	8,3016	8,9976	8,9977	0,6951	0,6961
5	8,3075	8,3066	8,9979	8,998	0,6904	0,6914
4	8,3088	8,3079	8,9981	8,9981	0,6893	0,6902
3	8,3101	8,3092	8,9983	8,9983	0,6882	0,6891
2	8,3129	8,312	8,9983	8,9983	0,6854	0,6863
1	8,3157	8,3148	8,9986	8,9987	0,6829	0,6839

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Eksentrisitas Bangunan Dshape Posisi Dalam

Lantai	Dshape Posisi Dalam					
	XCM	YCM	XCR	YCR	ex	ey
	m	m	m	m	m	m
10	8,2672	8,2653	9,5972	9,5968	1,33	1,3315
9	8,2813	8,2802	9,5351	9,5387	1,2538	1,2585
8	8,2855	8,2845	9,4961	9,5018	1,2106	1,2173
7	8,2847	8,2835	9,4198	9,4267	1,1351	1,1432
6	8,2877	8,2865	9,3578	9,3658	1,0701	1,0793
5	8,2891	8,2879	9,2859	9,2939	0,9968	1,006
4	8,2905	8,2893	9,2195	9,2272	0,929	0,9379
3	8,2919	8,2907	9,1546	9,1612	0,8627	0,8705
2	8,2948	8,2936	9,1015	9,1065	0,8067	0,8129
1	8,2978	8,2966	9,0568	9,0568	0,759	0,7602



**Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Eksentrisitas Analisis Konfigurasi Breis
Arah X**

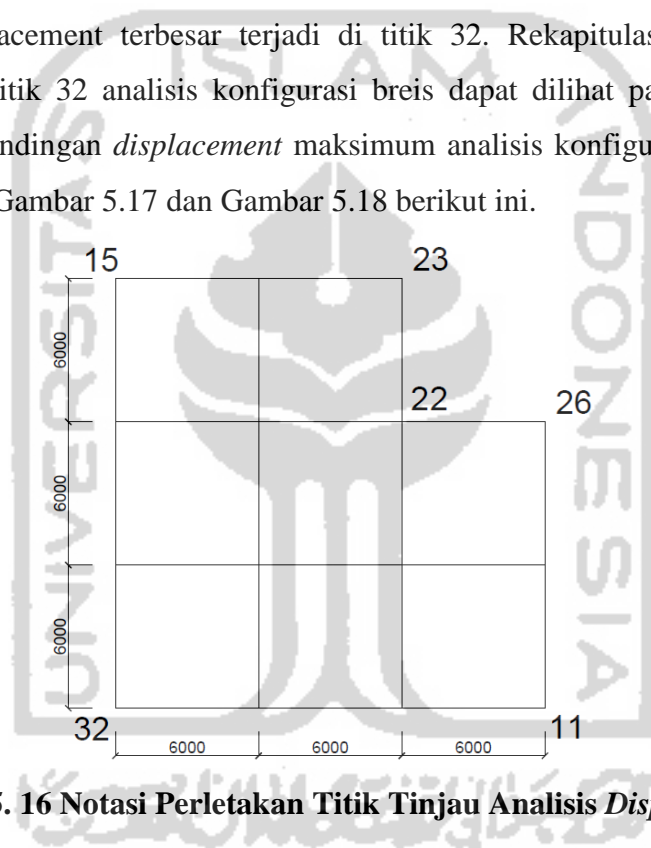


**Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Eksentrisitas Analisis Konfigurasi Breis
Arah Y**

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa eksentrisitas terbesar terjadi di Dshape Posisi Muka.

5. Displacement

Nilai *displacement* didapatkan dengan bantuan aplikasi bantu ETABS. Untuk menampilkan displacement dapat dilakukan dengan cara *Display – Show Table – Analysis – Results – Displacement – Joint Displacement*. Berikut ini adalah rekapitulasi *displacement* analisis pengaruh breis. Nilai *displacement* pada penelitian ini ditinjau dari beberapa titik yaitu titik 15, 23, 22, 26, 11 dan 32 yang perletakannya dapat dilihat pada Gambar 5.16. Dari hasil analisis didapatkan bahwa displacement terbesar terjadi di titik 32. Rekapitulasi *displacement* maksimum titik 32 analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Tabel 5.14. Grafik perbandingan *displacement* maksimum analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 berikut ini.



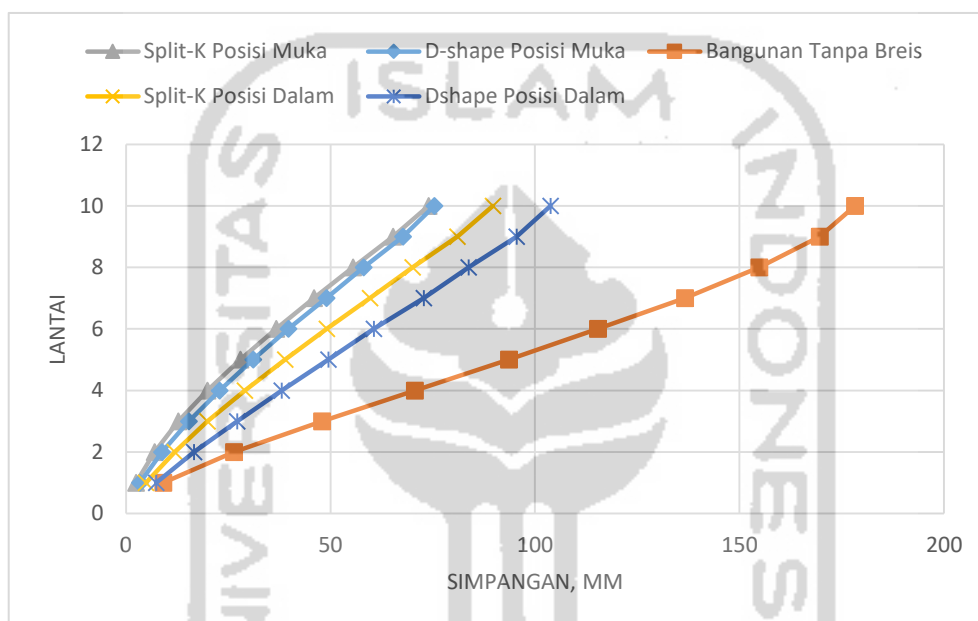
Gambar 5. 16 Notasi Perletakan Titik Tinjau Analisis *Displacement*

Tabel 5. 14 Rekapitulasi *Displacement* Maksimum Analisis Konfigurasi Breis

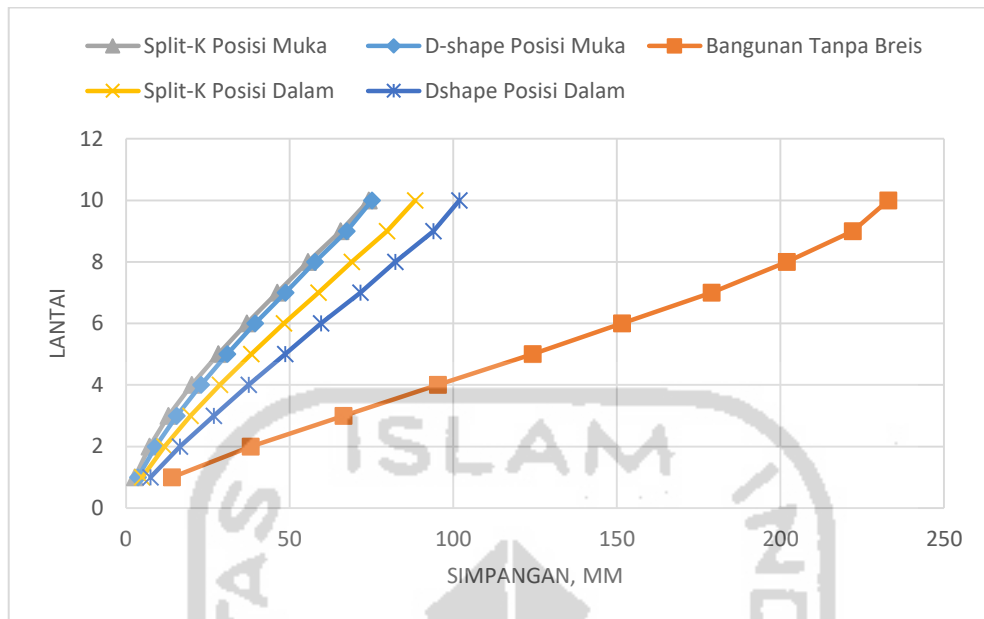
Rekapitulasi Displacement Titik 32										
Lantai	Split-K Posisi Muka		D-shape Posisi Muka		Bangunan Tanpa Breis		Split-K Posisi Dalam		Dshape Posisi Dalam	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	74	74,2	75,4	75,2	178,2	232,9	89,7	88,4	103,8	101,9
9	65,3	65,6	67,7	67,4	169,6	222,1	81	79,8	95,5	93,9
8	55,5	55,6	58,1	57,8	154,8	201,9	70,1	69	83,8	82,3
7	46	46,2	49	48,8	136,7	178,9	59,7	58,8	72,8	71,6
6	36,7	36,9	39,7	39,5	115,4	151,6	49,1	48,3	60,6	59,6

Lanjutan Tabel 5.14

5	28	28,2	31,1	31	93,6	124,3	38,9	38,3	49,5	48,7
4	19,9	20,1	22,9	22,9	70,6	95,3	29,1	28,7	38,1	37,5
3	12,8	13	15,4	15,5	47,9	66,5	19,9	19,7	27,2	26,8
2	7	7,2	8,8	9	26,4	38,1	11,9	11,8	16,6	16,5
1	2,5	2,7	3,4	3,7	9,1	14	4,9	4,9	7,4	7,5



Gambar 5. 17 Grafik Perbandingan *Displacement* Maksimum Analisis Konfigurasi Breis Arah X



Gambar 5. 18 Grafik Perbandingan *Displacement* Maksimum Analisis Konfigurasi Breis Arah Y

Dari analisis yang sudah dilakukan didapatkan bahwa posisi luar memiliki nilai displacement yang lebih kecil dibandingkan posisi dalam dengan konfigurasi *Split-K* bekerja lebih baik dibandingkan konfigurasi *Dshape*.

6. Simpangan antar Lantai

Simpangan antar lantai didapatkan dengan menghitung selisih antara nilai displacement elastis yang telah diperbesar. Nilai simpangan maksimum yang akan ditampilkan adalah nilai simpangan di titik 32. Berikut ini adalah contoh perhitungan simpangan per lantai pada *Split-K* Posisi Muka Lantai 10 Arah X.

$$\delta_{10_e} = 74 \quad \text{mm}$$

$$\delta_{9_e} = 65,3 \quad \text{mm}$$

$$\delta_{10} = (\delta_e \times C_d) / I_e = (74 \times 4) / 1 = 296 \quad \text{mm}$$

$$\delta_9 = (\delta_e \times C_d) / I_e = (65,3 \times 4) / 1 = 261,2 \quad \text{mm}$$

$$\Delta = \delta_{10} - \delta_9 = 296 - 261,2 = 34,80 \quad \text{mm}$$

$$\Delta_{ijin} = (0,02 \times h_{sx}) / \rho = (0,02 \times 4000) / 1,3 = 61,54 \quad \text{mm}$$

Rekapitulasi analisis perhitungan simpangan per lantai analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Tabel 5.15, Tabel 5.16, Tabel 5.17, Tabel 5.18 dan Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Split-K Posisi Muka

Split-K Posisi Muka						
Lantai	32					
	x			Y		
	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai
	δ_e	δ	Δ	Δ_e	δ	Δ
	mm	mm	mm	Mm	mm	Mm
10	74	296	34,8	74,2	296,8	34,4
9	65,3	261,2	39,2	65,6	262,4	40
8	55,5	222	38	55,6	222,4	37,6
7	46	184	37,2	46,2	184,8	37,2
6	36,7	146,8	34,8	36,9	147,6	34,8
5	28	112	32,4	28,2	112,8	32,4
4	19,9	79,6	28,4	20,1	80,4	28,4
3	12,8	51,2	23,2	13	52	23,2
2	7	28	18	7,2	28,8	18
1	2,5	10	10	2,7	10,8	10,8

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Dshape Posisi Muka

Dshape Posisi Muka						
Lantai	32					
	x			Y		
	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai
	δ_e	δ	Δ	Δ_e	δ	Δ
	mm	mm	mm	Mm	mm	Mm
10	75,4	301,6	30,8	75,2	300,8	31,2
9	67,7	270,8	38,4	67,4	269,6	38,4
8	58,1	232,4	36,4	57,8	231,2	36
7	49	196	37,2	48,8	195,2	37,2
6	39,7	158,8	34,4	39,5	158	34
5	31,1	124,4	32,8	31	124	32,4
4	22,9	91,6	30	22,9	91,6	29,6
3	15,4	61,6	26,4	15,5	62	26
2	8,8	35,2	21,6	9	36	21,2
1	3,4	13,6	13,6	3,7	14,8	14,8

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Bangunan Tanpa Breis

Bangunan Tanpa Breis						
Lantai	32					
	x			Y		
	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai
	δ_e	δ	Δ	Δ_e	δ	Δ
	mm	mm	mm	Mm	mm	Mm
10	178,2	980,1	47,3	232,9	1280,95	59,4
9	169,6	932,8	81,4	222,1	1221,55	111,1
8	154,8	851,4	99,55	201,9	1110,45	126,5
7	136,7	751,85	117,15	178,9	983,95	150,15
6	115,4	634,7	119,9	151,6	833,8	150,15
5	93,6	514,8	126,5	124,3	683,65	159,5
4	70,6	388,3	124,85	95,3	524,15	158,4
3	47,9	263,45	118,25	66,5	365,75	156,2
2	26,4	145,2	95,15	38,1	209,55	132,55
1	9,1	50,05	50,05	14	77	77

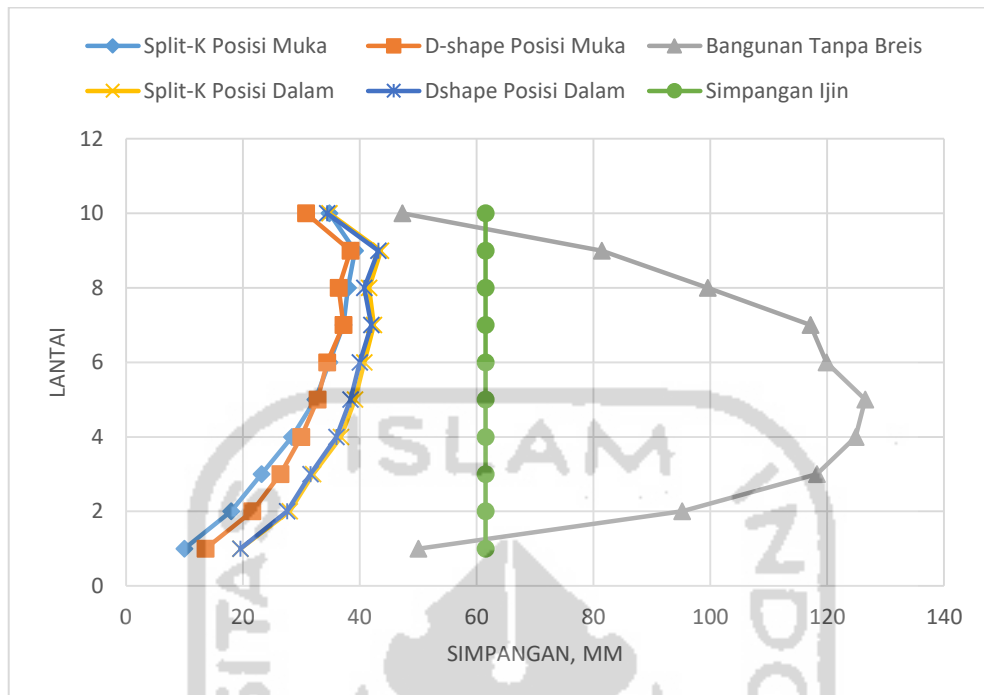
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Split-K Posisi Dalam

Split-K Posisi Dalam						
Lantai	32					
	x			y		
	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai
	δ_e	δ	Δ	δ_e	δ	Δ
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	89,7	358,8	34,8	88,4	353,6	34,4
9	81	324	43,6	79,8	319,2	43,2
8	70,1	280,4	41,6	69	276	40,8
7	59,7	238,8	42,4	58,8	235,2	42
6	49,1	196,4	40,8	48,3	193,2	40
5	38,9	155,6	39,2	38,3	153,2	38,4
4	29,1	116,4	36,8	28,7	114,8	36
3	19,9	79,6	32	19,7	78,8	31,6
2	11,9	47,6	28	11,8	47,2	27,6
1	4,9	19,6	19,6	4,9	19,6	19,6

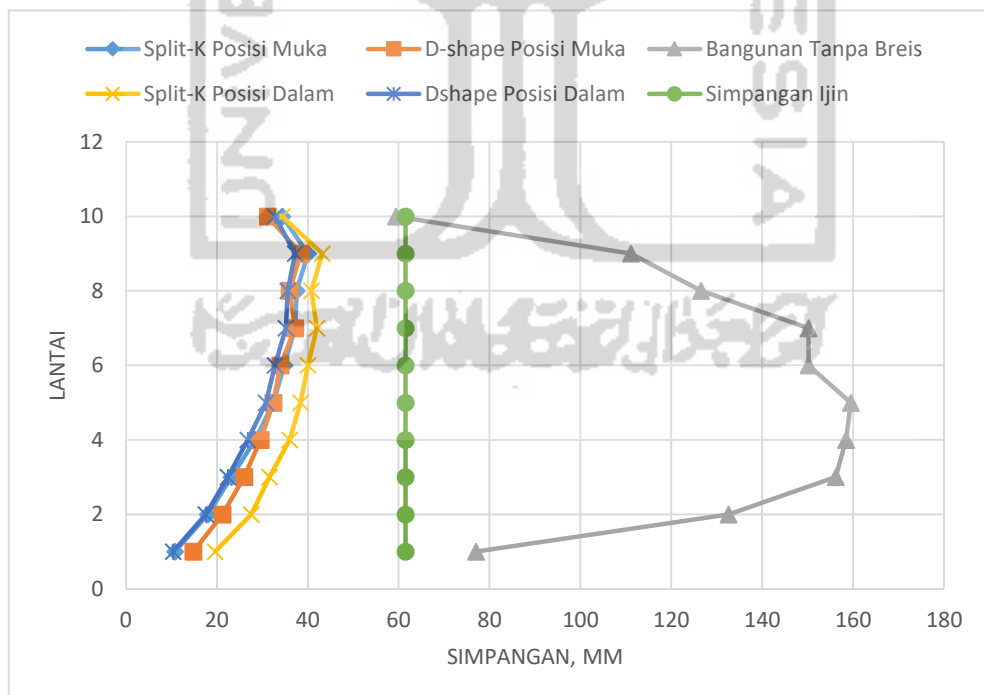
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Simpangan antar Lantai Dshape Posisi Dalam

Dshape Posisi Dalam						
Lantai	33					
	x			y		
	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai	Perpindahan elastis	Perpindahan yang diperbesar	Simpangan antar lantai
	δ_e	δ	Δ	δ_e	δ	Δ
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	103,8	33,6	34,4	101,9	32	32,8
9	95,5	38,8	43,2	93,9	36,8	37,2
8	83,8	36,8	40,8	82,3	34,8	35,6
7	72,8	37,2	42	71,6	34,4	35,2
6	60,6	34,8	40	59,6	32	32,8
5	49,5	32,8	38,4	48,7	30	30,8
4	38,1	27,2	36	37,5	-2,8	26,8
3	27,2	22,4	31,6	26,8	31,6	22,4
2	16,6	21,2	27,6	16,5	27,6	17,6
1	7,4	16	19,6	7,5	19,6	10,4

Grafik perbandingan simpangan per lantai analisis konfigurasi breis analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan 5.20 berikut ini.



Gambar 5. 19 Grafik Perbandingan Simpangan antar Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X



Gambar 5. 20 Grafik Perbandingan Simpangan antar Lantai Analisis Konfigurasi Breis Arah X

Berdasarkan hasil analisis didapat simpangan antar lantai maksimum terkecil terjadi di model *Dshape* posisi muka untuk arah X dan *Dshape* posisi dalam untuk arah Y.

5.6.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Konfigurasi Breis

Berikut ini adalah rekapitulasi hasil analisis pengaruh konfigurasi breis.

1. Pengecekan Awal

a. Partisipasi massa

Partisipasi massa semua bangunan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku dimana nilainya lebih besar dari 90% atau 0,9.

b. Skala gaya

Skala gaya pada *Split-K* posisi muka, bangunan tanpa breis, *Split-K* posisi dalam dan *Dshape* posisi dalam tidak memenuhi persyaratan yang berlaku sehingga faktor skala awal harus dihitung ulang.

c. Ketidakberaturan bangunan

Pada bangunan dengan posisi breis di dalam terjadi ketidakberaturan torsi

d. Pengecekan asumsi beban notional

Asumsi beban notional sudah sesuai dengan peraturan yang berlaku.

e. Pengecekan P-delta

Pengecekan P-delta dapat diabaikan

2. Pengecekan Kapasitas Profil

Pada bangunan dengan posisi breis di dalam terjadi kegagalan struktur pada kolom. Pada bangunan dengan posisi breis di luar kapasitas struktur dapat memenuhi kebutuhan yang diperlukan.

3. Analisis Perilaku Struktur

a. Periode

Berdasarkan hasil analisis didapatkan periode bangunan terbreis terkecil terjadi di *Split-K* Posisi Muka ($t = 1,3110 dt$). Periode terbesar terjadi di bangunan tanpa breis ($t = 2,7540 dt$) dan *Dshape* posisi dalam ($t = 1,6950 dt$)

b. Kekakuan Struktur

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa nilai kekakuan maksimum arah X terjadi pada *Split-K* posisi muka, sedangkan untuk arah Y terjadi pada *Split-K* posisi dalam.

c. Massa Struktur

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa massa terkecil terjadi di *Dshape* posisi dalam dan massa terbesar terjadi pada *Split-K* posisi muka.

d. Eksentrisitas per Lantai

Berdasarkan hasil analisis eksentrisitas terkecil terjadi pada bangunan tanpa breis. Untuk bangunan terbreis eksentrisitas terkecil terjadi pada *Split-K* posisi muka.

e. *Displacement*

Displacement maksimum terkecil terjadi pada *Split-K* posisi muka, baik itu untuk arah X maupun arah Y.

f. Simpangan antar Lantai

Berdasarkan hasil analisis simpangan antar lantai maksimum terkecil terjadi pada *Dshape* posisi muka untuk arah X dan *Dshape* posisi dalam untuk arah Y.

Rekapitulasi hasil analisis konfigurasi breis dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Hasil Analisis Konfigurasi Breis

No	Keterangan	<i>Split-K</i> Posisi Muka	<i>D-shape</i> Posisi Muka	Bangunan Tanpa Breis	<i>Split-K</i> Posisi Dalam	<i>D-shape</i> Posisi Dalam
1	Partisipasi Massa	Memenuhi. X: Mode 8 Y: Mode 7	Memenuhi. X: Mode 7 Y: Mode 8	Memenuhi. X: Mode 8 Y: Mode 7	Memenuhi. X: Mode 9 Y: Mode 6	Memenuhi. X: Mode 9 Y: Mode 9
2	Skala Gaya	Skala Awal: 1226,65				
		Vstatik X: 1355,88 kN	Vstatik X: 1222,32 kN	Vstatik X: 1076,00 kN	Vstatik X: 1406,00 kN	Vstatik X: 1217,26 kN

No	Keterangan	<i>Split-K</i> Posisi Muka	<i>D-shape</i> Posisi Muka	Bangunan Tanpa Breis	<i>Split-K</i> Posisi Dalam	<i>D-shape</i> Posisi Dalam
		Y: 1342,96 kN	Y: 1232,98 kN	Y: 1076,00 kN	Y: 1367,12 kN	Y: 1217,26 kN
		Vdinamik X: 1146,63 kN Y: 1152,97 kN	Vdinamik X: 1059,90 kN Y: 1074,91 kN	Vdinamik X: 628,47 kN Y: 556,27 kN	Vdinamik X: 1099,40 kN Y: 894,00 kN	Vdinamik X: 1103,93 kN Y: 905,52 kN
		Cek Skala Gaya Geser				
		Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
		Revisi Faktor Skala Awal				
		X: 1232,52 Y: Tidak perlu	Tidak Perlu (X dan Y)	X: 1784,55 Y: 2016,15	X: 1332,99 Y: 1290,81	X: 1419,21 Y: 1401,25
3	Ketidakteraturan Bangunan	Pada bangunan dengan penempatan breis posisi dalam terjadi ketidakberaturan torsi, baik itu konfigurasi <i>Split-K</i> maupun <i>D-shape</i> . Selain itu untuk semua bangunan terjadi ketidakberaturan sudut dalam.				
4	Asumsi Beban Notional	Asumsi beban notional sudah benar.				
5	Pengecekan P-Delta	P-Delta dapat diabaikan.				
6	Pengecekan Kapasitas Profil	Pada bangunan dengan penempatan breis posisi dalam terjadi kegagalan desain kapasitas.				
7	Periode (maks)	1,3310 dt	1,4290 dt	2,7540 dt	1,5620 dt	1,6950 dt

No	Keterangan	<i>Split-K</i> Posisi Muka	<i>D-shape</i> Posisi Muka	Bangunan Tanpa Breis	<i>Split-K</i> Posisi Dalam	<i>D-shape</i> Posisi Dalam	
8	Kekakuan (maks)	X: 721147,66 kN/m Y: 650983,35 kN/m	X: 623873,87 kN/m Y: 574540,68 kN/m	X: 190009,85 kN/m Y: 115195,50 kN/m	X: 715506,17 kN/m Y: 673965,03 kN/m	X: 537549,40 kN/m Y: 516504,98 kN/m	
9	Massa	3057837,9 8 kg	3047605,2 8 kg	3021979,6 7 kg	3020602,7 4 kg	3008750,6 7 kg	
10	Eksentrisitas Bangunan (maks)	X: 0,6565 m (Lt 1) Y: 0,6536 m (Lt 2)	X: 0,6678 m (Lt 2) Y: 0,6666 m (Lt 2)	X: 0,4704 m (Lt 1) Y: 0,4404 m (Lt 1)	X: 0,7282 m (Lt 10) Y: 0,7299 m (Lt 10)	X: 1,33 m (Lt 10) Y: 1,3315 m (Lt 10)	
s1 1	<i>Displacement</i> (maks)	Membandingkan <i>displacement</i> suatu bangunan dari beberapa titik. Didapatkan titik 32 merupakan titik <i>displacement</i> maksimum. Semua <i>displacement</i> maksimum terjadi pada lantai 10.					
		X: 74 mm Y: 74,2 mm	X: 75,4 mm Y: 75,2 mm	X: 178,2 mm Y: 232,9 mm	X: 89,7 mm Y: 88,4 mm	X: 103,8 mm Y: 101,9 mm	
12	Simpangan antar Lantai	X: 39,2 mm Y: 40 mm	X: 38,4 mm Y: 38,4 mm	X: 126,5 mm Y: 159,5 mm	X: 43,6 mm Y: 43,2 mm	X: 43,2 mm Y: 37,2 mm	

5.6.5 Pembahasan Analisis Pengaruh Konfigurasi dan Posisi Breis

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan bahwa *Split-K* posisi muka bekerja lebih baik dibandingkan *D-shape*. Dari hasil analisis juga didapatkan bahwa penempatan breis di muka lebih baik berdasarkan 2 (dua) konfigurasi breis. Hal ini dapat dilihat dari nilai perioda, kekakuan, eksentrisitas, *displacement* dan ketidakberaturan yang terjadi.

Pada parameter perioda didapatkan bahwa konfigurasi *Split-K* bekerja lebih baik dibandingkan *D-shape*. Posisi yang memberikan perioda lebih kecil terdapat pada posisi muka, baik itu pada konfigurasi *D-shape* maupun konfigurasi *Split-K*. Hal ini disebabkan oleh beberapa parameter seperti kekakuan, massa, eksentrisitas dan *displacement*. Perioda didapatkan dengan membandingkan kekakuan dan massa.

Pada parameter kekakuan didapatkan bahwa kekakuan terbesar terjadi pada bangunan dengan konfigurasi *Split-K*. *Split-K* posisi muka lebih unggul pada arah X sedangkan *Split-K* posisi dalam lebih unggul pada arah Y. Konfigurasi *D-shape* terbukti tidak memberikan kekakuan yang baik pada struktur, baik itu pada posisi muka maupun posisi dalam. Hal ini disebabkan karena konfigurasi *Split-K* memiliki panjang yang lebih pendek pada tiap breis sehingga breis pada *Split-K* menyediakan kekakuan yang lebih banyak pula. Dari hasil penelitian didapatkan pula bahwa semakin besar kekakuan maka semakin kecil nilai perioda yang terjadi.

Pada parameter massa didapatkan bahwa massa terbesar terjadi pada bangunan dengan konfigurasi *Split-K*. Sedangkan posisi yang memiliki massa yang besar adalah posisi muka. Hal ini disebabkan karena konfigurasi *Split-K* memiliki total panjang breis yang lebih besar dibandingkan *D-shape*. Pada posisi muka massa yang lebih besar terjadi karena kebutuhan kolom SRBE yang lebih banyak dibandingkan dengan posisi dalam. Namun berdasarkan analisis yang telah dilakukan didapatkan massa yang lebih besar tetap menyediakan perioda yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kekakuan yang lebih dominan dibandingkan dengan massa bangunan.

Pada parameter eksentrisitas didapatkan bahwa eksentrisitas tekecil terjadi pada konfigurasi *Split-K* dengan posisi muka. Eksentrisitas yang dihasilkan konfigurasi *D-shape* tidak cukup baik. Sedangkan pada posisi dalam nilai eksentrisitas juga tidak baik baik itu pada konfigurasi *Split-K* maupun *D-shape*. Dari hasil penelitian ini juga didapatkan bahwa penggunaan breis pada kedua sisi juga belum tentu dapat menghasilkan nilai eksentrisitas yang lebih baik dibandingkan dengan bangunan tanpa breis. Hal ini menunjukkan sulit menentukan posisi, jumlah dan dimensi profil yang baku pada suatu bangunan. Maka dari itu

pada tiap desain atau redesain diharapkan dapat melakukan beberapa trial terhadap struktur tersebut. Penelitian ini berfokus pada perbandingan konfigurasi dan posisi pada bangunan terbreis eksentrik sehingga perbandingan terhadap bangunan tanpa breis dapat diabaikan.

Pada parameter *displacement* didapatkan bahwa konfigurasi konfigurasi *Split-K* dan posisi muka menyediakan nilai yang lebih kecil. *Displacement* yang dihasilkan pada konfigurasi *Split-K* lebih baik dibandingkan *D-shape* pada kedua posisi bangunan yang diuji. Hal ini disebabkan karena *Split-K* menyediakan kekakuan yang lebih besar dibandingkan *D-shape*. *Displacement* dipengaruhi oleh perbandingan kekakuan dan gaya geser dasar. Pada posisi didapatkan bahwa posisi muka bekerja lebih baik dibandingkan posisi dalam, baik itu pada konfigurasi *Split-K* maupun *D-shape*. Hal ini dikarenakan posisi dalam tidak cukup baik untuk mengurangi *displacement* maksimum yang biasanya terjadi di sisi luar bangunan. Besarnya *displacement* yang terjadi pada sisi luar bangunan kemudian juga menyebabkan terjadinya ketidakberaturan torsi.

Pada posisi dalam konfigurasi *Split-K* dan *D-shape* terjadi ketidakberaturan torsi. Hal ini dikarenakan posisi dalam tidak dapat mengurangi *displacement* maksimum yang terjadi pada sisi luar bangunan. Apabila suatu bangunan terjadi ketidakberaturan torsi maka faktor pembesaran torsi tidak terduga harus diperhitungkan sehingga akan menyebabkan semakin besar torsi yang akan terjadi pada bangunan. Hal ini ditambah dengan eksentrisitas posisi luar yang lebih besar dibandingkan posisi dalam pada kedua konfigurasi yang diuji.

Pada parameter simpangan antar lantai didapatkan bahwa konfigurasi *D-shape* posisi luar memiliki nilai simpangan antar lantai yang lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh selisih simpangan antar lantai 9 dan 10 yang lebih kecil, walaupun nilai *displacement* maksimum pada konfigurasi *D-shape* lebih besar dibandingkan konfigurasi *Split-K*. Nilai ini dirasa tidak terlalu berpengaruh terhadap kinerja struktur karena simpangan ijin yang disediakan sudah terpenuhi pada semua konfigurasi dan posisi breis.

Berdasarkan beberapa parameter yang telah disampaikan sebelumnya didapatkan bahwa konfigurasi *Split-K* dan posisi breis di muka bekerja lebih baik

pada perilaku struktur. Hasil posisi breis di dalam ini tidak sesuai dengan penelitan sebelumnya yang dilakukan Alshamrani (2009). Perbedaan pada penelitian terdapat pada gaya yang bekerja dimana Alshamrani membandingkan kinerja berdasarkan gaya angin. Penelitian yang dilakukan penguji dilakukan berdasarkan gaya gempa yang akan bekerja lebih dominan pada lokasi penelitian, yaitu Yogyakarta.



BAB VI KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan parameter analisis perilaku bangunan yang telah dilakukan didapatkan bahwa konfigurasi *Split-K* bekerja lebih baik terhadap perilaku bangunan dibandingkan dengan konfigurasi *Dshape* pada kedua posisi breis, yaitu posisi dalam dan posisi muka.
2. Berdasarkan parameter analisis perilaku bangunan yang telah dilakukan didapatkan bahwa posisi luar atau *facade* bekerja lebih baik terhadap perilaku bangunan untuk semua konfigurasi yang diuji, yaitu *Split-K* dan *D-shape*, dibandingkan dengan posisi dalam atau *core*.

6.2 Saran

Saran yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Perlu adanya analisis terhadap bangunan eksisting dengan membandingkan perilaku bangunan antara bangunan eksisting dan Struktur Rangka Bresing Eksentrik dengan menggunakan konfigurasi dan posisi berdasarkan penelitian ini.
2. Perlu adanya analisis terhadap bangunan eksisting dengan membandingkan aspek manajemen dan biaya antara bangunan eksisting dan Struktur Rangka Bresing Eksentrik dengan menggunakan konfigurasi dan posisi berdasarkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshamrani, O., Schierle, G. G., Galal, K., & Vergun, D. (2009). Optimal Bracing Type and Position to Minimize Lateral Drift in High-Rise Building. *WIT Transactions on The Built Environment Vol 106 ISSN 1743-3509*.
- ANSI/AISC. (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Structure.
- ANSI/AISC. (2010). *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Constructions.
- Bhuskade, S. R., & Sagane, S. C. (2017, April). Effects of Various Parameters of Building on Natural Time Period. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(7), 557.
- BSN. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2013). *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Caterino, N., Cosenza, E., & Azmoodeh, B. M. (2013). Approximate Methods to Evaluate Storey Stiffness and Interstory Drift of RC Building in Seismic Area.
- Departemen PU. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Engelhart, M. D. (2007). *Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures*. Austin: American Institute of Steel Structure.
- FEMA. (2006). *FEMA 454: Designing for Earthquakes*. FEMA.
- Puspitasari, Z. (2014). Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa Sistem Rangka Berpengaku Eksentrik Konfigurasi Split-K dengan Ketidakberaturan Horizontal.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Sunariyati, J., Kurniawan, R., & Putra, E. S. (2009). Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Stabilitas Struktur yang Mengalami Beban Gempa. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Vol. 5 No. 1 ISSN 1858-2133*, 1-10.
- Suswanto, B., Amalia, A. R., Isdarmanu, & Fajri, A. (2018). Studi Perilaku Struktur Eccentrically Braced Frame (EBF) Akibat Beban Gempa dan Beban Siklik. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Madura Vol. 6 No. 2 ISSN 2527-5542*, 25-32.
- Yurisman, Budiono, B., Moestopo, M., & Suarjana, M. (2010). Kajian Numerik Terhadap Kinerja Link Geser dengan Pengaku Diagonal pada Struktur Rangka Baja Berpenopang Eksentrik (EBF). *Jurnal Teknik Sipil ISSN 0853-2982 Vol. 17 No. 1*, 25-38.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Ketidakberaturan Bangunan

1. Ketidakberaturan torsi

<i>Split-K</i> Posisi Muka Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	74	68,2	71,1	85,32	99,54	Tidak Ada	Tidak Ada
9	65,3	60,1	62,7	75,24	87,78	Tidak Ada	Tidak Ada
8	55,5	51	53,25	63,9	74,55	Tidak Ada	Tidak Ada
7	46	42,2	44,1	52,92	61,74	Tidak Ada	Tidak Ada
6	36,7	33,7	35,2	42,24	49,28	Tidak Ada	Tidak Ada
5	28	25,6	26,8	32,16	37,52	Tidak Ada	Tidak Ada
4	19,9	18,2	19,05	22,86	26,67	Tidak Ada	Tidak Ada
3	12,8	11,7	12,25	14,7	17,15	Tidak Ada	Tidak Ada
2	7	6,4	6,7	8,04	9,38	Tidak Ada	Tidak Ada
1	2,5	2,2	2,35	2,82	3,29	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>Split-K</i> Posisi Muka Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	74,2	69	71,6	85,92	100,24	Tidak Ada	Tidak Ada
9	65,6	60,8	63,2	75,84	88,48	Tidak Ada	Tidak Ada
8	55,6	51,5	53,55	64,26	74,97	Tidak Ada	Tidak Ada
7	46,2	42,7	44,45	53,34	62,23	Tidak Ada	Tidak Ada
6	36,9	34,1	35,5	42,6	49,7	Tidak Ada	Tidak Ada
5	28,2	25,9	27,05	32,46	37,87	Tidak Ada	Tidak Ada
4	20,1	18,5	19,3	23,16	27,02	Tidak Ada	Tidak Ada
3	13	11,9	12,45	14,94	17,43	Tidak Ada	Tidak Ada
2	7,2	6,6	6,9	8,28	9,66	Tidak Ada	Tidak Ada
1	2,7	2,4	2,55	3,06	3,57	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>D-shape</i> Posisi Muka Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	75,4	69,4	72,4	86,88	101,36	Tidak Ada	Tidak Ada
9	67,7	62,3	65	78	91	Tidak Ada	Tidak Ada
8	58,1	53,5	55,8	66,96	78,12	Tidak Ada	Tidak Ada
7	49	45,1	47,05	56,46	65,87	Tidak Ada	Tidak Ada
6	39,7	36,5	38,1	45,72	53,34	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>D-shape</i> Posisi Muka Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
5	31,1	28,6	29,85	35,82	41,79	Tidak Ada	Tidak Ada
4	22,9	21,1	22	26,4	30,8	Tidak Ada	Tidak Ada
3	15,4	14,2	14,8	17,76	20,72	Tidak Ada	Tidak Ada
2	8,8	8,1	8,45	10,14	11,83	Tidak Ada	Tidak Ada
1	3,4	3,1	3,25	3,9	4,55	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>D-shape</i> Posisi Muka Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	75,2	68,8	72	86,4	100,8	Tidak Ada	Tidak Ada
9	67,4	61,6	64,5	77,4	90,3	Tidak Ada	Tidak Ada
8	57,8	52,8	55,3	66,36	77,42	Tidak Ada	Tidak Ada
7	48,8	44,6	46,7	56,04	65,38	Tidak Ada	Tidak Ada
6	39,5	36,1	37,8	45,36	52,92	Tidak Ada	Tidak Ada
5	31	28,4	29,7	35,64	41,58	Tidak Ada	Tidak Ada
4	22,9	21	21,95	26,34	30,73	Tidak Ada	Tidak Ada
3	15,5	14,2	14,85	17,82	20,79	Tidak Ada	Tidak Ada
2	9	8,3	8,65	10,38	12,11	Tidak Ada	Tidak Ada
1	3,7	3,4	3,55	4,26	4,97	Tidak Ada	Tidak Ada

Bangunan Tanpa Breis Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	178,2	164,1	171,15	205,38	239,61	Tidak Ada	Tidak Ada
9	169,6	155,7	162,65	195,18	227,71	Tidak Ada	Tidak Ada
8	154,8	141,8	148,3	177,96	207,62	Tidak Ada	Tidak Ada
7	136,7	125	130,85	157,02	183,19	Tidak Ada	Tidak Ada
6	115,4	105,4	110,4	132,48	154,56	Tidak Ada	Tidak Ada
5	93,6	85,2	89,4	107,28	125,16	Tidak Ada	Tidak Ada
4	70,6	64,1	67,35	80,82	94,29	Tidak Ada	Tidak Ada
3	47,9	43,3	45,6	54,72	63,84	Tidak Ada	Tidak Ada
2	26,4	23,7	25,05	30,06	35,07	Tidak Ada	Tidak Ada
1	9,1	8,1	8,6	10,32	12,04	Tidak Ada	Tidak Ada

Bangunan Tanpa Breis Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	232,9	216,2	224,55	269,46	314,37	Tidak Ada	Tidak Ada
9	222,1	206	214,05	256,86	299,67	Tidak Ada	Tidak Ada
8	201,9	187,1	194,5	233,4	272,3	Tidak Ada	Tidak Ada
7	178,9	165,7	172,3	206,76	241,22	Tidak Ada	Tidak Ada
6	151,6	140,3	145,95	175,14	204,33	Tidak Ada	Tidak Ada
5	124,3	115	119,65	143,58	167,51	Tidak Ada	Tidak Ada
4	95,3	88,1	91,7	110,04	128,38	Tidak Ada	Tidak Ada
3	66,5	61,4	63,95	76,74	89,53	Tidak Ada	Tidak Ada
2	38,1	35,2	36,65	43,98	51,31	Tidak Ada	Tidak Ada
1	14	12,9	13,45	16,14	18,83	Tidak Ada	Tidak Ada

Split-K Posisi Dalam Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	89,7	70,4	80,05	96,06	112,07	Tidak Ada	Tidak Ada
9	81	62,2	71,6	85,92	100,24	Tidak Ada	Tidak Ada
8	70,1	52,9	61,5	73,8	86,1	Tidak Ada	Tidak Ada
7	59,7	44	51,85	62,22	72,59	Tidak Ada	Tidak Ada
6	49,1	35,2	42,15	50,58	59,01	Tidak Ada	Tidak Ada
5	38,9	27	32,95	39,54	46,13	Tidak Ada	Tidak Ada
4	29,1	19,3	24,2	29,04	33,88	Ada	Tidak Ada
3	19,9	12,6	16,25	19,5	22,75	Ada	Tidak Ada
2	11,9	7	9,45	11,34	13,23	Ada	Tidak Ada
1	4,9	2,6	3,75	4,5	5,25	Ada	Tidak Ada

Split-K Posisi Dalam Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	88,4	69	78,7	94,44	110,18	Tidak Ada	Tidak Ada
9	79,8	61	70,4	84,48	98,56	Tidak Ada	Tidak Ada
8	69	51,8	60,4	72,48	84,56	Tidak Ada	Tidak Ada
7	58,8	43,1	50,95	61,14	71,33	Tidak Ada	Tidak Ada
6	48,3	34,5	41,4	49,68	57,96	Tidak Ada	Tidak Ada
5	38,3	26,5	32,4	38,88	45,36	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>Split-K</i> Posisi Dalam Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
4	28,7	19	23,85	28,62	33,39	Ada	Tidak Ada
3	19,7	19,7	19,7	23,64	27,58	Tidak Ada	Tidak Ada
2	11,8	11,8	11,8	14,16	16,52	Tidak Ada	Tidak Ada
1	4,9	4,9	4,9	5,88	6,86	Tidak Ada	Tidak Ada

<i>D-shape</i> Posisi Dalam Arah X							
Lantai	δ_{11}	δ_{26}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	103,8	74,6	89,2	107,04	124,88	Tidak Ada	Tidak Ada
9	95,5	67,6	81,55	97,86	114,17	Tidak Ada	Tidak Ada
8	83,8	58,3	71,05	85,26	99,47	Tidak Ada	Tidak Ada
7	72,8	49,7	61,25	73,5	85,75	Tidak Ada	Tidak Ada
6	60,6	41,4	51	61,2	71,4	Tidak Ada	Tidak Ada
5	49,5	32,2	40,85	49,02	57,19	Ada	Tidak Ada
4	38,1	24,1	31,1	37,32	43,54	Ada	Tidak Ada
3	27,2	16,6	21,9	26,28	30,66	Ada	Tidak Ada
2	16,6	9,8	13,2	15,84	18,48	Ada	Tidak Ada
1	7,4	4,2	5,8	6,96	8,12	Ada	Tidak Ada

<i>D-shape</i> Posisi Dalam Arah Y							
Lantai	δ_{15}	δ_{23}	δ_{avg}	$1,2\delta$	$1,4\delta$	Cek Torsi	
	mm	mm	mm	mm	mm	Torsi 1a	Torsi 1b
10	101,9	73,3	87,6	105,12	122,64	Tidak Ada	Tidak Ada
9	93,9	66,4	80,15	96,18	112,21	Tidak Ada	Tidak Ada
8	82,3	57,2	69,75	83,7	97,65	Tidak Ada	Tidak Ada
7	71,6	48,7	60,15	72,18	84,21	Tidak Ada	Tidak Ada
6	59,6	37,7	48,65	58,38	68,11	Ada	Tidak Ada
5	48,7	31,6	40,15	48,18	56,21	Ada	Tidak Ada
4	37,5	23,6	30,55	36,66	42,77	Ada	Tidak Ada
3	26,8	16,4	21,6	25,92	30,24	Ada	Tidak Ada
2	16,5	9,4	12,95	15,54	18,13	Ada	Tidak Ada
1	7,5	4,4	5,95	7,14	8,33	Ada	Tidak Ada

2. Ketidakberaturan massa

<i>Split-K</i> Posisi Muka					
Lantai	Berat per Lantai kg	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
		di atas	di bawah	di atas	di bawah
10	155381,06	199,61%	50,10%	Diabaikan	Diabaikan
9	310159,56	100,95%	99,06%	Tidak	Tidak
8	313114,11	101,15%	98,87%	Tidak	Tidak
7	316700,26	100,97%	99,04%	Tidak	Tidak
6	319767,60	101,27%	98,74%	Tidak	Tidak
5	323844,33	100,53%	99,47%	Tidak	Tidak
4	325573,59	100,54%	99,47%	Tidak	Tidak
3	327322,57	101,15%	98,86%	Tidak	Tidak
2	331086,18	101,15%	98,86%	Tidak	Tidak
1	334888,72				

<i>D-shape</i> Posisi Muka					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
10	155381,1	199,15%	50,21%	Diabaikan	Diabaikan
9	309447,8				
8	312402,4	100,95%	99,05%	Tidak	Tidak
		100,97%	99,04%	Tidak	Tidak
7	315444,8	100,97%	99,04%	Tidak	Tidak
		101,18%	98,84%	Tidak	Tidak
6	318512,1	100,79%	99,22%	Tidak	Tidak
		100,54%	99,46%	Tidak	Tidak
5	322263,5	100,90%	99,10%	Tidak	Tidak
		101,15%	98,86%	Tidak	Tidak
4	324802,4				
		326550			
3	329503,9				
		333297,4			

Bangunan Tanpa Breis					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
10	155381,1	198,22%	50,45%	Diabaikan	Diabaikan

Bangunan Tanpa Breis					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
9	307997,1	100,96%	99,05%	Tidak	Tidak
8	310951,7	100,62%	99,38%	Tidak	Tidak
7	312893,7	100,98%	99,03%	Tidak	Tidak
6	315961,1	100,98%	99,03%	Tidak	Tidak
5	319060,3	100,54%	99,46%	Tidak	Tidak
4	320789,5	100,55%	99,46%	Tidak	Tidak
3	322538,5	101,17%	98,85%	Tidak	Tidak
2	326302,1	101,17%	98,85%	Tidak	Tidak
1	330104,7				

Split-K Posisi Dalam					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
10	155101,3	199,61%	50,10%	Diabaikan	Diabaikan
9	309590,92				

<i>Split-K</i> Posisi Dalam					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
8	311802,16	100,71%	99,29%	Tidak	Tidak
		100,91%	99,10%	Tidak	Tidak
7	314640,99	100,58%	99,42%	Tidak	Tidak
		100,90%	99,11%	Tidak	Tidak
6	316469,11	100,90%	99,11%	Tidak	Tidak
		100,38%	99,62%	Tidak	Tidak
5	319302,4	100,38%	99,62%	Tidak	Tidak
		100,82%	99,19%	Tidak	Tidak
4	320512,17	100,82%	99,19%	Tidak	Tidak
		100,83%	99,18%	Tidak	Tidak
3	321739,91	100,83%	99,18%	Tidak	Tidak
		100,83%	99,18%	Tidak	Tidak
2	324382,68	100,83%	99,18%	Tidak	Tidak
		100,83%	99,18%	Tidak	Tidak
1	327061,1				

<i>D-shape</i> Posisi Dalam					
Lantai	Berat per Lantai	Persentase berat tiap tingkat		Cek ketidakberaturan	
	kg	di atas	di bawah	di atas	di bawah
10	155101,3	199,15%	50,21%	Diabaikan	Diabaikan
9	308879,17	100,72%	99,29%	Tidak	Tidak
8	311090,41				



<i>D-shape</i> Posisi Dalam										
Lantai	Kekakuan		Cek Ketidakberaturan							
			x				x			
	X	Y	1a	1a'	1b	1b'	1a	1a'	1b	1b'
	kN/m	kN/m	56%	56%	55%	55%	55%	54%	54%	53%
5	174599,4 3	176276,2 1	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
4	211678,8 1	213919,6 5	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
3	260270,4 8	263630,8 3	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2	340857,1 4	350256,3 3	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
1	537549,4 0	516504,9 8	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

4. Diskontinuitas kuat lateral

<i>Split-K</i> Posisi Muka						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
10	178,65	176,69				
9	403,05	403,60	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
8	616,81	611,97	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
7	796,09	789,54	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	940,90	932,81	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	1053,13	1043,71	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1134,47	1123,95	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1188,10	1176,75	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1218,03	1206,13	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1228,99	1216,83	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

<i>D-shape</i> Posisi Muka						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
10	176,15	175,65				
9	388,67	391,99	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
8	569,31	572,69	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
7	731,63	736,19	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	861,22	866,83	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	960,28	966,82	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1030,97	1038,25	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1076,64	1084,48	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

<i>D-shape</i> Posisi Muka						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
2	1101,42	1109,62	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1110,06	1118,42	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Bangunan Tanpa Breis						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
10	169,57	166,21				
9	383,96	383,96	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
8	581,22	581,22	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
7	739,00	739,00	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	861,21	861,21	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	951,41	951,41	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1013,19	1013,19	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1051,06	1051,06	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1070,14	1070,14	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1076,00	1076,00	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

<i>Split-K</i> Posisi Dalam						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
10	184,91	177,90				
9	420,42	407,42	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
8	636,82	622,02	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
7	822,71	802,72	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	973,10	948,45	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	1089,96	1061,28	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1175,18	1143,18	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1231,85	1197,32	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1263,81	1227,61	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1275,76	1238,77	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

<i>D-shape</i> Posisi Dalam						
Lantai	Vx	Vy	Ketidakberaturan X		Ketidakberaturan Y	
	kN	kN	5a	5b	5a	5b
10	138,29	138,25				
9	371,56	371,49	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
8	568,41	568,33	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

7	730,04	729,96	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	858,70	858,62	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	956,80	956,72	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1026,77	1026,70	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1072,00	1071,92	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1096,51	1096,43	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	975,01	972,16	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA



Lampiran 2 Pengecekan Asumsi Beban Notional

Asumsi beban notional hanya dicek pada titik dengan dispacelement maksimum, titik 32.

<i>Split-K</i> Posisi Muka								
32								
Lantai	X				Y			
	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek
	mm	mm		2nd/1st \leq 1,7	mm	mm		2nd/1st \leq 1,7
10	34,8	30,4	1,14	OK	34,4	30,4	1,13	OK
9	39,2	34,8	1,13	OK	40	34,8	1,15	OK
8	38	33,2	1,14	OK	37,6	33,2	1,13	OK
7	37,2	32,8	1,13	OK	37,2	32,8	1,13	OK
6	34,8	30,8	1,13	OK	34,8	30,8	1,13	OK
5	32,4	28,8	1,13	OK	32,4	28,8	1,13	OK
4	28,4	25,2	1,13	OK	28,4	25,2	1,13	OK
3	23,2	20,8	1,12	OK	23,2	20,8	1,12	OK
2	18	16,4	1,10	OK	18	16,4	1,10	OK
1	10	9,2	1,09	OK	10,8	10	1,08	OK

<i>D-shape</i> Posisi Muka								
32								
Lantai	X				Y			
	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek
	mm	mm		2nd/1st \leq 1,7	mm	mm		2nd/1st \leq 1,7
10	30,8	28,4	1,08	OK	31,2	27,6	1,13	OK
9	38,4	34,4	1,12	OK	38,4	34,4	1,12	OK
8	36,4	32,8	1,11	OK	36	32,4	1,11	OK
7	37,2	33,6	1,11	OK	37,2	33,2	1,12	OK
6	34,4	30,8	1,12	OK	34	30,4	1,12	OK
5	32,8	29,6	1,11	OK	32,4	29,2	1,11	OK
4	30	27,2	1,10	OK	29,6	26,4	1,12	OK
3	26,4	23,6	1,12	OK	26	23,6	1,10	OK
2	21,6	19,6	1,10	OK	21,2	18,8	1,13	OK
1	13,6	12,4	1,10	OK	14,8	13,2	1,12	OK

Bangunan Tanpa Breis								
32								
Lantai	X				Y			
	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek
	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,7$	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,7$
10	47,3	42,35	1,12	OK	59,4	50,6	1,17	OK
9	81,4	70,95	1,15	OK	111,1	94,05	1,18	OK
8	99,55	86,9	1,15	OK	126,5	107,25	1,18	OK
7	117,15	101,75	1,15	OK	150,15	127,05	1,18	OK
6	119,9	104,5	1,15	OK	150,15	126,5	1,19	OK
5	126,5	108,9	1,16	OK	159,5	134,75	1,18	OK
4	124,85	107,8	1,16	OK	158,4	133,65	1,19	OK
3	118,25	101,2	1,17	OK	156,2	131,45	1,19	OK
2	95,15	80,85	1,18	OK	132,55	111,1	1,19	OK
1	50,05	42,35	1,18	OK	77	64,35	1,20	OK

Split-K Posisi Dalam								
32								
Lantai	X				Y			
	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek
	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,7$	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,7$
10	34,8	30,8	1,13	OK	34,4	30,4	1,13	OK
9	43,6	38,4	1,14	OK	43,2	37,6	1,15	OK
8	41,6	36,4	1,14	OK	40,8	36	1,13	OK
7	42,4	37,6	1,13	OK	42	37,2	1,13	OK
6	40,8	36,4	1,12	OK	40	35,6	1,12	OK
5	39,2	34,8	1,13	OK	38,4	34,4	1,12	OK
4	36,8	32,8	1,12	OK	36	32	1,13	OK
3	32	29,2	1,10	OK	31,6	28,4	1,11	OK
2	28	25,2	1,11	OK	27,6	25,2	1,10	OK
1	19,6	18	1,09	OK	19,6	18	1,09	OK

<i>D-shape</i> Posisi Muka								
32								
Lantai	X				Y			
	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek	2nd Order	1st Order	2nd/1st order	Cek
	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,8$	mm	mm		$2nd/1st \leq 1,8$
10	34,4	30	1,15	OK	32,8	28,8	1,14	OK
9	43,2	42,4	1,02	OK	37,2	41,6	0,89	OK
8	40,8	39,6	1,03	OK	35,6	38,4	0,93	OK
7	42	43,6	0,96	OK	35,2	42,8	0,82	OK
6	40	40,4	0,99	OK	32,8	39,2	0,84	OK
5	38,4	40,8	0,94	OK	30,8	40,4	0,76	OK
4	36	39,6	0,91	OK	26,8	38	0,71	OK
3	31,6	38	0,83	OK	22,4	37,2	0,60	OK
2	27,6	33,2	0,83	OK	17,6	32	0,55	OK
1	19,6	26,8	0,73	OK	10,4	27,2	0,38	OK

Lampiran 3 Pengecekan P-Delta

<i>Split-K</i> Posisi Muka X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1739,54	178,65	3,90	0,004	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5569,18	403,05	4,60	0,006	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9480,06	616,81	5,80	0,008	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13390,93	796,09	5,80	0,009	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17381,77	940,90	5,60	0,010	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21372,60	1053,13	5,20	0,010	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25397,74	1134,47	4,60	0,010	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29422,88	1188,10	3,80	0,009	0,125	DIABAIKAN
2	4000	33522,60	1218,03	3,00	0,008	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37622,32	1228,99	1,70	0,005	0,125	DIABAIKAN

<i>Split-K</i> Posisi Muka Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1739,54	176,69	3,90	0,004	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5569,18	403,05	4,70	0,006	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9480,06	616,81	5,80	0,008	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13390,93	796,09	5,80	0,009	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17381,77	940,90	5,50	0,010	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21372,60	1053,13	5,10	0,010	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25397,74	1134,47	4,60	0,010	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29422,88	1188,10	3,80	0,009	0,125	DIABAIKAN
2	4000	33522,60	1218,03	3,10	0,008	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37622,32	1228,99	1,90	0,005	0,125	DIABAIKAN

<i>D-shape</i> Posisi Muka X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1725,58	176,15	4,40	0,004	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5541,26	388,67	5,10	0,007	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9427,51	569,31	6,50	0,010	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13313,76	731,63	6,50	0,011	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17273,59	861,22	6,00	0,011	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21233,42	960,28	5,60	0,012	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25227,53	1030,97	5,00	0,011	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29221,63	1076,64	4,20	0,011	0,125	DIABAIKAN

<i>D-shape</i> Posisi Muka X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
2	4000	33290,14	1101,42	3,30	0,009	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37358,65	1110,06	1,90	0,006	0,125	DIABAIKAN

<i>D-shape</i> Posisi Muka Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1725,58	175,65	4,40	0,004	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5541,26	391,99	5,20	0,007	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9427,51	572,69	6,60	0,010	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13313,76	736,19	6,60	0,011	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17273,59	866,83	6,00	0,011	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21233,42	966,82	5,60	0,012	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25227,53	1038,25	4,90	0,011	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29221,63	1084,48	4,20	0,011	0,125	DIABAIKAN
2	4000	33290,14	1109,62	3,20	0,009	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37358,65	1118,42	2,10	0,007	0,125	DIABAIKAN

Bangunan Tanpa Breis X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1697,13	169,57	5,10	0,005	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5484,35	383,96	10,10	0,014	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9320,57	581,22	12,30	0,018	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13156,79	739,00	14,40	0,024	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17053,79	861,21	14,80	0,027	0,125	DIABAIKAN
5	4000	20950,80	951,41	15,60	0,032	0,125	DIABAIKAN
4	4000	24882,11	1013,19	15,40	0,035	0,125	DIABAIKAN
3	4000	28813,41	1051,06	14,50	0,037	0,125	DIABAIKAN
2	4000	32819,30	1070,14	11,60	0,033	0,125	DIABAIKAN
1	4000	36825,19	1076,00	6,00	0,019	0,125	DIABAIKAN

Bangunan Tanpa Breis Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1697,13	166,21	6,70	0,006	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5484,35	383,96	14,10	0,019	0,125	DIABAIKAN

Bangunan Tanpa Breis Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
8	4000	9320,57	581,22	15,90	0,024	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13156,79	739,00	18,90	0,032	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17053,79	861,21	18,80	0,035	0,125	DIABAIKAN
5	4000	20950,80	951,41	20,10	0,041	0,125	DIABAIKAN
4	4000	24882,11	1013,19	19,90	0,046	0,125	DIABAIKAN
3	4000	28813,41	1051,06	19,70	0,051	0,125	DIABAIKAN
2	4000	32819,30	1070,14	16,80	0,048	0,125	DIABAIKAN
1	4000	36825,19	1076,00	9,80	0,031	0,125	DIABAIKAN

Split-K Posisi Dalam X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1733,87	184,91	3,90	0,003	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5557,85	420,42	4,70	0,006	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9448,40	636,82	5,80	0,008	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13338,95	822,71	5,80	0,009	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17285,08	973,10	5,50	0,009	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21231,20	1089,96	5,10	0,009	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25201,41	1175,18	4,60	0,009	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29171,61	1231,85	3,80	0,008	0,125	DIABAIKAN
2	4000	33194,35	1263,81	3,00	0,007	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37217,08	1275,76	1,80	0,005	0,125	DIABAIKAN

Split-K Posisi Dalam Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1733,87	177,90	3,70	0,003	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5557,85	407,42	4,60	0,006	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9448,40	622,02	5,60	0,008	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13338,95	802,72	5,70	0,009	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17285,08	948,45	5,40	0,009	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21231,20	1061,28	5,00	0,009	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25201,41	1143,18	4,50	0,009	0,125	DIABAIKAN
3	4000	29171,61	1197,32	3,70	0,008	0,125	DIABAIKAN
2	4000	33194,35	1227,61	2,90	0,007	0,125	DIABAIKAN
1	4000	37217,08	1238,77	1,80	0,005	0,125	DIABAIKAN

<i>D-shape</i> Posisi Muka X							
Lantai	hsx	Px	Vx	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1719,91	138,29	6,00	0,007	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5529,93	371,56	6,90	0,010	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9395,86	568,41	6,60	0,010	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13261,79	730,04	6,60	0,011	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17176,90	858,70	6,00	0,011	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21092,02	956,80	5,60	0,012	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25031,19	1026,77	4,90	0,011	0,125	DIABAIKAN
3	4000	28970,36	1072,00	4,20	0,011	0,125	DIABAIKAN
2	4000	32961,89	1096,51	3,20	0,009	0,125	DIABAIKAN
1	4000	36953,42	975,01	2,30	0,008	0,125	DIABAIKAN

<i>D-shape</i> Posisi Muka Y							
Lantai	hsx	Py	Vy	Δ	θ_x	Max θ_x	Cek
	mm	kN	kN	mm			
10	4000	1719,91	138,25	6,00	0,007	0,125	DIABAIKAN
9	4000	5529,93	371,49	6,90	0,010	0,125	DIABAIKAN
8	4000	9395,86	568,33	6,50	0,010	0,125	DIABAIKAN
7	4000	13261,79	729,96	6,50	0,011	0,125	DIABAIKAN
6	4000	17176,90	858,62	5,90	0,011	0,125	DIABAIKAN
5	4000	21092,02	956,72	5,50	0,011	0,125	DIABAIKAN
4	4000	25031,19	1026,70	4,90	0,011	0,125	DIABAIKAN
3	4000	28970,36	1071,92	4,10	0,010	0,125	DIABAIKAN
2	4000	32961,89	1096,43	3,20	0,009	0,125	DIABAIKAN
1	4000	36953,42	972,16	2,40	0,009	0,125	DIABAIKAN

Lampiran 4 Rekapitulasi Desain Kapasitas

Pada lampiran ini akan menampilkan rekapitulasi desain kapasitas pada Split-K Posisi Muka, Dshape Posisi Muka dan Split-K Posisi Dalam

1. Split-K Posisi Muka

Desain Kapasitas Link								
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle	
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p
10	19,31	3032,65	67,94	782,87	1,56	1,00	0,08	0,06
9	33,72	3032,65	123,03	782,87	1,56	1,00	0,08	0,06
8	64,08	4290,66	230,41	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
7	77,75	4290,66	277,26	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
6	89,90	4290,66	322,81	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
5	99,66	4290,66	354,05	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05
4	104,89	4290,66	373,23	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04
3	110,93	4290,66	390,08	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04
2	109,85	4290,66	392,54	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,03
1	100,79	4290,66	360,59	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,02

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	166,37	4479,74	71,33	780,75	15,71	375,75	41,71	828,00	6,82	668,60
9	1420,88	4479,74	72,77	780,75	27,75	375,75	38,12	828,00	8,42	668,60
8	2734,20	7602,26	68,41	1309,50	26,40	663,75	40,72	1335,66	15,12	1095,26
7	4561,00	7602,26	62,57	1309,50	32,86	663,75	36,53	1335,66	14,63	1095,26
6	6426,97	12320,25	80,26	2223,00	45,48	1120,50	43,10	2330,58	18,90	1769,36
5	8249,59	12320,25	50,99	2223,00	41,25	1120,50	30,88	2330,58	23,16	1769,36
4	10117,79	14717,97	91,73	2722,50	41,25	1363,50	40,22	2880,15	22,79	2124,33
3	11026,17	14717,97	46,81	2722,50	67,46	1363,50	22,95	2880,15	31,47	2124,33
2	13785,96	19947,41	105,97	3870,00	48,71	1923,75	37,88	4153,32	30,96	2880,36
1	15621,03	19947,41	211,47	3870,00	57,55	1923,75	54,77	4153,32	27,65	2880,36

Desain Kapasitas Profil Breis										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	545,78	3218,09	0,00	360,00	2,83	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
9	1434,21	3218,09	0,00	360,00	4,98	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
8	2301,47	5593,46	0,00	2544,75	4,98	1167,25	0,00	1025,10	0,00	1502,55
7	2926,13	5593,46	0,00	3422,25	6,25	1569,75	0,00	1025,10	0,00	1502,55
6	3490,20	7059,05	0,00	5524,75	6,25	1493,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Breis										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
5	3912,98	7059,05	0,00	6652,25	6,25	1798,32	0,00	1302,96	0,00	1900,80
4	4204,02	7059,05	0,00	7779,75	6,25	2103,12	0,00	1302,96	0,00	1900,80
3	4438,17	7059,05	0,00	8907,25	6,25	2407,92	0,00	1302,96	0,00	1900,80
2	4560,33	7059,05	0,00	10034,75	6,25	2712,72	0,00	1302,96	0,00	1900,80
1	4161,38	7059,05	0,00	11162,25	6,25	3017,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Balok SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	40,29	2768,23	109,51	686,25	0,01	178,43	35,22	854,61	0,00	829,08
9	120,75	2768,23	240,05	686,25	0,02	178,43	110,25	854,61	0,00	829,08
8	244,76	3396,12	425,79	1206,00	0,02	263,25	183,91	1295,70	0,00	761,40
7	313,19	3396,12	546,75	1206,00	0,02	263,25	244,22	1295,70	0,00	761,40
6	373,18	3396,12	630,64	1206,00	0,01	263,25	291,20	1295,70	0,00	761,40
5	420,21	3396,12	711,35	1206,00	0,01	263,25	338,10	1295,70	0,00	761,40
4	451,82	3396,12	758,75	1206,00	0,01	263,25	366,35	1295,70	0,00	761,40
3	478,26	3396,12	805,20	1206,00	0,01	263,25	396,47	1295,70	0,00	761,40
2	490,65	3396,12	812,83	1206,00	0,00	263,25	407,18	1295,70	0,00	761,40
1	318,57	3396,12	550,08	1206,00	0,00	263,25	266,72	1295,70	0,00	761,40

Desain Kapasitas Profil Balok X nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	11,18	872,55	0,13	236,25	75,10	69,98	27,35	391,89	0,16	446,76
9	10,06	872,55	0,28	236,25	74,85	69,98	56,65	391,89	0,34	446,76
8	22,54	872,55	0,46	236,25	74,88	69,98	56,56	391,89	0,57	446,76
7	33,04	872,55	0,68	236,25	75,03	69,98	56,56	391,89	0,84	446,76
6	45,63	872,55	0,85	236,25	75,12	69,98	56,47	391,89	1,08	446,76
5	52,74	872,55	0,97	236,25	75,33	69,98	56,46	391,89	1,24	446,76
4	61,14	872,55	1,08	236,25	75,33	69,98	56,58	391,89	1,40	446,76
3	65,75	872,55	1,14	236,25	75,49	69,98	56,58	391,89	1,47	446,76
2	71,69	872,55	1,23	236,25	75,75	69,98	56,86	391,89	1,64	446,76
1	64,28	872,55	1,16	236,25	75,94	69,98	56,89	391,89	1,55	446,76

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	8,22	642,33	0,10	143,10	42,78	51,53	17,59	274,17	0,12	338,25
9	8,62	642,33	0,20	143,10	42,57	51,53	36,93	274,17	0,07	338,25
8	16,83	642,33	0,34	143,10	42,60	51,53	36,82	274,17	0,20	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
7	24,98	642,33	0,50	143,10	42,32	51,53	36,82	274,17	0,62	338,25
6	34,70	642,33	0,61	143,10	42,20	51,53	36,72	274,17	0,77	338,25
5	40,25	642,33	0,70	143,10	41,92	51,53	36,66	274,17	0,88	338,25
4	46,71	642,33	0,77	143,10	41,92	51,53	36,64	274,17	0,97	338,25
3	50,29	642,33	0,81	143,10	41,79	51,53	36,63	274,17	1,03	338,25
2	54,95	642,33	0,86	143,10	41,67	51,53	36,65	274,17	1,09	338,25
1	51,75	642,33	0,77	143,10	41,71	51,53	36,66	274,17	0,98	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Anak										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,00	329,23	0,00	85,28	13,95	31,50	5,59	186,93	0,00	252,45
9	0,00	329,23	0,00	85,28	13,78	31,50	9,21	186,93	0,00	252,45
8	0,00	329,23	0,00	85,28	13,79	31,50	9,36	186,93	0,00	252,45
7	0,00	329,23	0,00	85,28	13,71	31,50	9,29	186,93	0,00	252,45
6	0,00	329,23	0,00	85,28	13,73	31,50	9,19	186,93	0,00	252,45
5	0,00	329,23	0,00	85,28	13,72	31,50	9,04	186,93	0,00	252,45
4	0,00	329,23	0,00	85,28	13,72	31,50	8,85	186,93	0,00	252,45
3	0,00	329,23	0,00	85,28	13,75	31,50	8,67	186,93	0,00	252,45

Desain Kapasitas Profil Balok Anak										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
2	0,00	329,23	0,00	85,28	13,71	31,50	8,78	186,93	0,00	252,45
1	0,00	329,23	0,00	85,28	13,75	31,50	8,94	186,93	0,00	252,45

Desain Kapasitas Profil Kolom nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	257,61	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
9	806,87	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
8	1380,38	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
7	1956,13	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
6	2535,68	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
5	3125,30	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
4	3725,57	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
3	4334,92	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
2	4957,15	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40
1	5589,38	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40

2. Dshape Posisi Muka

Desain Kapasitas Link								
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle	
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p
10	46,17	3032,65	119,02	782,87	1,56	1,00	0,08	0,05
9	93,45	3032,65	225,76	782,87	1,56	1,00	0,08	0,07
8	174,09	4290,66	354,16	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
7	219,86	4290,66	415,17	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
6	248,15	4290,66	480,14	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
5	278,03	4290,66	521,90	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05
4	289,00	4290,66	549,51	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05
3	303,43	4290,66	563,23	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04
2	298,68	4290,66	580,48	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,03
1	286,18	4290,66	519,14	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,02

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	217,97	4479,74	79,40	780,75	63,71	375,75	45,14	828,00	20,91	668,60
9	1403,62	4479,74	59,64	780,75	103,49	375,75	31,52	828,00	34,67	668,60
8	2669,33	7602,26	62,76	1309,50	116,47	663,75	37,07	1335,66	60,40	1095,26

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
7	4433,52	7602,26	45,17	1309,50	169,80	663,75	28,01	1335,66	68,74	1095,26
6	6209,90	12320,25	63,85	2223,00	174,51	1120,50	36,12	2330,58	99,37	1769,36
5	7982,44	12320,25	54,40	2223,00	210,89	1120,50	28,58	2330,58	100,69	1769,36
4	9764,53	14717,97	65,38	2722,50	210,89	1363,50	32,70	2880,15	120,69	2124,33
3	11543,98	14717,97	52,12	2722,50	206,65	1363,50	25,58	2880,15	117,96	2124,33
2	13346,07	19947,41	72,32	3870,00	244,47	1923,75	33,04	4153,32	140,76	2880,36
1	15128,50	19947,41	102,97	3870,00	234,76	1923,75	12,85	4153,32	122,43	2880,36

Desain Kapasitas Profil Breis										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	568,63	3184,20	7,66	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
9	1144,77	3184,20	7,66	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
8	1680,66	5546,18	13,46	2544,75	0,00	1167,25	0,00	1025,10	0,00	1502,55
7	2096,81	5546,18	13,46	3422,25	0,00	1569,75	0,00	1025,10	0,00	1502,55
6	2372,95	7027,23	16,88	5524,75	0,00	1493,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80
5	2645,11	7027,23	16,88	6652,25	0,00	1798,32	0,00	1302,96	0,00	1900,80
4	2773,27	7027,29	16,87	7779,75	0,00	2103,12	0,00	1302,96	0,00	1900,80
3	2898,22	7027,29	16,87	8907,25	0,00	2407,92	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Breis										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
2	2911,62	7027,34	16,83	10034,75	0,00	2712,72	0,00	1302,96	0,00	1900,80
1	2694,61	7027,34	16,83	11162,25	0,00	3017,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Balok SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	21,74	2725,14	103,79	686,25	0,00	178,43	46,00	854,61	0,00	829,08
9	43,00	2725,14	183,09	686,25	0,00	178,43	17,31	854,61	0,00	829,08
8	94,40	3396,11	319,47	1206,00	0,00	263,25	3,49	1295,70	0,00	761,40
7	115,63	3396,11	376,12	1206,00	0,00	263,25	6,64	1295,70	0,00	761,40
6	144,03	3396,11	361,57	1206,00	0,00	263,25	3,73	1295,70	0,00	761,40
5	159,21	3396,11	384,31	1206,00	0,00	263,25	7,96	1295,70	0,00	761,40
4	173,54	3396,11	375,81	1206,00	0,00	263,25	4,17	1295,70	0,00	761,40
3	180,20	3396,11	382,77	1206,00	0,00	263,25	4,27	1295,70	0,00	761,40
2	217,34	3396,11	354,33	1206,00	0,00	263,25	6,27	1295,70	0,00	761,40
1	170,02	3396,11	238,44	1206,00	0,00	263,25	36,71	1295,70	0,00	761,40

Desain Kapasitas Profil Balok X nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	11,66	872,55	0,14	236,25	75,24	69,98	28,43	391,89	0,17	446,76
9	4,89	872,55	0,04	236,25	74,88	69,98	56,45	391,89	0,05	446,76
8	4,72	872,55	0,07	236,25	74,92	69,98	56,47	391,89	0,09	446,76
7	4,37	872,55	0,04	236,25	75,09	69,98	56,41	391,89	0,05	446,76
6	4,75	872,55	0,08	236,25	75,19	69,98	56,29	391,89	0,11	446,76
5	3,73	872,55	0,05	236,25	75,40	69,98	56,17	391,89	0,05	446,76
4	4,22	872,55	0,06	236,25	75,40	69,98	56,29	391,89	0,08	446,76
3	3,52	872,55	0,05	236,25	75,56	69,98	56,27	391,89	0,04	446,76
2	4,55	872,55	0,06	236,25	75,82	69,98	56,57	391,89	0,09	446,76
1	21,10	872,55	0,06	236,25	76,01	69,98	56,59	391,89	0,08	446,76

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	8,46	642,33	0,10	143,10	42,61	51,53	18,53	274,17	0,13	338,25
9	2,63	642,33	0,04	143,10	42,52	51,53	36,83	274,17	0,05	338,25
8	2,83	642,33	0,04	143,10	42,46	51,53	36,78	274,17	0,07	338,25
7	2,46	642,33	0,04	143,10	42,15	51,53	36,74	274,17	0,03	338,25
6	3,25	642,33	0,04	143,10	41,97	51,53	36,63	274,17	0,08	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
5	2,39	642,33	0,05	143,10	41,65	51,53	36,54	274,17	0,04	338,25
4	2,81	642,33	0,04	143,10	41,65	51,53	36,47	274,17	0,06	338,25
3	2,21	642,33	0,04	143,10	41,42	51,53	36,45	274,17	0,04	338,25
2	3,07	642,33	0,05	143,10	41,35	51,53	36,49	274,17	0,06	338,25
1	9,81	642,33	0,06	143,10	41,36	51,53	36,48	274,17	0,07	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Anak										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,00	329,23	0,00	85,28	13,48	31,50	6,48	186,93	0,00	252,45
9	0,00	329,23	0,00	85,28	13,45	31,50	10,51	186,93	0,00	252,45
8	0,00	329,23	0,00	85,28	13,43	31,50	10,45	186,93	0,00	252,45
7	0,00	329,23	0,00	85,28	13,40	31,50	10,46	186,93	0,00	252,45
6	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	10,34	186,93	0,00	252,45
5	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	10,21	186,93	0,00	252,45
4	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	9,98	186,93	0,00	252,45
3	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	9,71	186,93	0,00	252,45
2	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	9,33	186,93	0,00	252,45
1	0,00	329,23	0,00	85,28	13,39	31,50	9,33	186,93	0,00	252,45

Desain Kapasitas Profil Kolom nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	257,31	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
9	808,09	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
8	1382,49	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
7	1959,17	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
6	2539,58	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
5	3130,41	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
4	3731,09	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
3	4340,78	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
2	4963,22	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40
1	5595,69	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40

3. Split-K Posisi Dalam

Desain Kapasitas Link								
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle	
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p
10	13,06	3032,65	47,51	782,87	1,56	1,00	0,08	0,05
9	27,57	3032,65	102,90	782,87	1,56	1,00	0,08	0,06

Desain Kapasitas Link								
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle	
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p
8	52,24	4290,66	205,55	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
7	64,35	4290,66	250,63	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,06
6	73,88	4290,66	293,67	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05
5	82,16	4290,66	323,39	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05
4	87,13	4290,66	344,22	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04
3	91,93	4290,66	360,24	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04
2	92,78	4290,66	367,03	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,03
1	86,33	4290,66	335,91	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,02

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	258,21	4479,74	38,80	780,75	33,68	375,75	17,86	828,00	11,04	668,60
9	2692,45	4479,74	44,23	780,75	51,22	375,75	23,19	828,00	18,26	668,60
8	5227,81	7602,26	67,02	1309,50	54,37	663,75	36,71	1335,66	29,10	1095,26
7	8798,53	7602,26	69,35	1309,50	75,43	663,75	37,21	1335,66	30,25	1095,26
6	12443,88	12320,25	91,81	2223,00	85,80	1120,50	48,00	2330,58	43,53	1769,36
5	16024,21	12320,25	96,39	2223,00	105,42	1120,50	47,21	2330,58	48,44	1769,36
4	19646,87	14717,97	118,06	2722,50	105,42	1363,50	57,43	2880,15	61,95	2124,33

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
3	23248,84	14717,97	139,14	2722,50	114,10	1363,50	60,37	2880,15	61,40	2124,33
2	26890,88	19947,41	153,88	3870,00	130,74	1923,75	73,40	4153,32	77,23	2880,36
1	30531,49	19947,41	42,44	3870,00	127,42	1923,75	32,48	4153,32	72,93	2880,36

Desain Kapasitas Profil Breis										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	1109,79	3218,09	2,83	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
9	5155,28	3218,09	2,83	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
8	4738,52	5593,46	4,98	2544,75	0,00	1167,25	0,00	1025,10	0,00	1502,55
7	4325,75	5593,46	4,98	3422,25	0,00	1569,75	0,00	1025,10	0,00	1502,55
6	5140,84	7059,05	6,25	5524,75	0,00	1493,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80
5	5221,52	7059,05	6,25	6652,25	0,00	1798,32	0,00	1302,96	0,00	1900,80
4	5462,24	7059,05	6,25	7779,75	0,00	2103,12	0,00	1302,96	0,00	1900,80
3	5381,53	7059,05	6,25	8907,25	0,00	2407,92	0,00	1302,96	0,00	1900,80
2	5719,29	7059,05	6,25	10034,75	0,00	2712,72	0,00	1302,96	0,00	1900,80
1	4768,40	7059,05	6,25	11162,25	0,00	3017,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Balok SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	13,48	2768,23	142,46	686,25	17,08	178,43	148,32	854,61	0,00	829,08
9	175,69	2768,23	278,30	686,25	43,39	178,43	574,59	854,61	0,00	829,08
8	385,83	3396,12	344,27	1206,00	0,00	263,25	672,94	1295,70	0,00	761,40
7	153,80	3396,12	650,96	1206,00	59,46	263,25	353,68	1295,70	0,00	761,40
6	610,09	3396,12	558,36	1206,00	56,67	263,25	868,34	1295,70	0,00	761,40
5	587,99	3396,12	664,98	1206,00	60,32	263,25	937,35	1295,70	0,00	761,40
4	648,19	3396,12	797,80	1206,00	60,32	263,25	1024,14	1295,70	0,00	761,40
3	543,17	3396,12	776,69	1206,00	50,18	263,25	944,29	1295,70	0,00	761,40
2	678,54	3396,12	949,37	1206,00	61,88	263,25	1096,23	1295,70	0,00	761,40
1	218,10	3396,12	1007,92	1206,00	0,00	263,25	528,69	1295,70	0,00	761,40

Desain Kapasitas Profil Balok X nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	2,27	872,55	0,02	236,25	88,29	69,98	42,62	391,89	0,02	446,76
9	8,41	872,55	0,09	236,25	88,22	69,98	90,09	391,89	0,11	446,76
8	22,56	872,55	0,25	236,25	88,48	69,98	90,20	391,89	0,31	446,76
7	31,03	872,55	0,32	236,25	88,66	69,98	90,31	391,89	0,45	446,76
6	42,94	872,55	0,46	236,25	89,05	69,98	90,49	391,89	0,66	446,76
5	47,84	872,55	0,52	236,25	89,46	69,98	90,70	391,89	0,75	446,76
4	55,58	872,55	0,60	236,25	89,46	69,98	91,09	391,89	0,90	446,76
3	58,67	872,55	0,64	236,25	89,95	69,98	91,36	391,89	0,96	446,76
2	64,93	872,55	0,74	236,25	90,41	69,98	91,98	391,89	1,15	446,76
1	55,07	872,55	0,69	236,25	90,93	69,98	92,28	391,89	1,05	446,76

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	1,07	642,33	0,02	143,10	46,17	51,53	23,69	274,17	0,02	338,25
9	6,14	642,33	0,06	143,10	46,10	51,53	52,20	274,17	0,09	338,25
8	16,13	642,33	0,19	143,10	46,10	51,53	52,14	274,17	0,24	338,25
7	23,05	642,33	0,26	143,10	45,92	51,53	52,22	274,17	0,33	338,25
6	31,53	642,33	0,37	143,10	45,87	51,53	52,23	274,17	0,47	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Y nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
5	35,54	642,33	0,41	143,10	45,80	51,53	52,38	274,17	0,52	338,25
4	41,12	642,33	0,49	143,10	45,80	51,53	52,54	274,17	0,61	338,25
3	43,56	642,33	0,51	143,10	46,06	51,53	52,73	274,17	0,65	338,25
2	47,78	642,33	0,57	143,10	46,26	51,53	52,88	274,17	0,73	338,25
1	43,57	642,33	0,49	143,10	46,54	51,53	53,10	274,17	0,63	338,25

Desain Kapasitas Profil Balok Anak										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,00	329,23	0,00	85,28	17,17	31,50	9,40	186,93	0,00	252,45
9	0,00	329,23	0,00	85,28	17,11	31,50	14,30	186,93	0,00	252,45
8	0,00	329,23	0,00	85,28	17,23	31,50	14,31	186,93	0,00	252,45
7	0,00	329,23	0,00	85,28	17,04	31,50	14,06	186,93	0,00	252,45
6	0,00	329,23	0,00	85,28	17,04	31,50	13,69	186,93	0,00	252,45
5	0,00	329,23	0,00	85,28	16,97	31,50	13,31	186,93	0,00	252,45
4	0,00	329,23	0,00	85,28	16,97	31,50	13,14	186,93	0,00	252,45
3	0,00	329,23	0,00	85,28	17,05	31,50	13,09	186,93	0,00	252,45
2	0,00	329,23	0,00	85,28	16,95	31,50	12,90	186,93	0,00	252,45
1	0,00	329,23	0,00	85,28	17,03	31,50	13,00	186,93	0,00	252,45

Desain Kapasitas Profil Kolom nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	132,34	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
9	432,24	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
8	733,62	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
7	1035,90	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
6	1339,60	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
5	1644,22	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
4	1950,78	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
3	2257,97	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
2	2568,15	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40
1	2880,88	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40

4. Dshape Posisi Muka

Desain Kapasitas Link								
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle	
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p
10	31,95	3032,65	142,90	782,87	1,56	1,00	0,08	0,04
9	68,67	3032,65	298,30	782,87	1,56	1,00	0,08	0,05

Desain Kapasitas Link									
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Geser		Cek Panjang Link		Rotation Angle		
	Pu	Pn	Vu	Vn	Syarat Link Pendek	Panjang Link	Syarat	Terjadi	
	kN	kN	kN	kN	m	m	γ_{pijin}	γ_p	
8	112,83	4290,66	410,47	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05	
7	123,35	4290,66	445,06	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05	
6	141,26	4290,66	508,26	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05	
5	153,77	4290,66	545,66	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05	
4	158,90	4290,66	567,64	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,05	
3	175,98	4290,66	602,92	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04	
2	187,87	4290,66	648,33	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,04	
1	185,26	4290,66	625,90	1204,98	1,78	1,00	0,08	0,03	

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	343,42	4479,74	94,23	780,75	121,76	375,75	49,73	828,00	48,13	668,60
9	2610,30	4479,74	133,13	780,75	165,30	375,75	73,48	828,00	65,99	668,60
8	5028,30	7602,26	164,30	1309,50	169,30	663,75	93,93	1335,66	96,23	1095,26
7	8472,59	7602,26	169,29	1309,50	217,48	663,75	99,99	1335,66	94,30	1095,26
6	11912,49	12320,25	224,89	2223,00	214,20	1120,50	127,29	2330,58	127,05	1769,36
5	15360,90	12320,25	219,96	2223,00	254,11	1120,50	128,29	2330,58	126,50	1769,36
4	18811,21	14717,97	255,21	2722,50	254,11	1363,50	147,59	2880,15	150,03	2124,33

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
3	22250,21	14717,97	255,30	2722,50	257,98	1363,50	151,98	2880,15	150,30	2124,33
2	25705,27	19947,41	303,50	3870,00	301,50	1923,75	167,41	4153,32	177,50	2880,36
1	29119,19	19947,41	449,39	3870,00	309,65	1923,75	199,82	4153,32	171,21	2880,36

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,88	2725,14	133,44	686,25	0,00	178,43	76,26	854,61	0,00	829,08
9	2,10	2725,14	264,95	686,25	0,00	178,43	159,86	854,61	0,00	829,08
8	5,29	3396,11	354,41	1206,00	0,00	263,25	184,39	1295,70	0,00	761,40
7	4,98	3396,11	313,14	1206,00	0,00	263,25	42,98	1295,70	0,00	761,40
6	9,12	3396,11	302,95	1206,00	0,00	263,25	35,39	1295,70	0,00	761,40
5	9,74	3396,11	296,13	1206,00	0,00	263,25	41,22	1295,70	0,00	761,40
4	11,77	3396,11	280,21	1206,00	0,00	263,25	48,55	1295,70	0,00	761,40
3	16,09	3396,11	445,95	1206,00	0,00	263,25	184,37	1295,70	0,00	761,40
2	20,86	3396,11	385,57	1206,00	0,00	263,25	169,69	1295,70	0,00	761,40
1	1803,33	3396,11	617,88	1206,00	21,95	263,25	86,66	1295,70	11,47	761,40

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	648,20	3184,20	4,10	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
9	1632,87	3184,20	7,66	360,00	0,00	169,20	0,00	544,73	0,00	858,59
8	2130,21	5546,18	13,99	2544,75	0,00	1167,25	0,00	1025,10	0,00	1502,55
7	2930,21	5546,18	13,99	3422,25	0,00	1569,75	0,00	1025,10	0,00	1502,55
6	3271,25	7027,23	16,60	5524,75	0,00	1493,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80
5	3880,93	7027,23	16,88	6652,25	0,00	1798,32	0,00	1302,96	0,00	1900,80
4	4047,20	7027,29	16,99	7779,75	0,00	2103,12	0,00	1302,96	0,00	1900,80
3	4407,00	7027,29	16,99	8907,25	0,00	2407,92	0,00	1302,96	0,00	1900,80
2	4162,88	7027,34	16,93	10034,75	0,00	2712,72	0,00	1302,96	0,00	1900,80
1	7600,20	7027,34	16,83	11162,25	0,00	3017,52	0,00	1302,96	0,00	1900,80

Desain Kapasitas Profil Kolom nonSRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	131,28	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
9	416,75	3567,19	0,01	542,25	0,01	249,75	0,00	678,30	0,00	532,43
8	703,03	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
7	989,07	3946,46	0,01	605,25	0,01	276,75	0,00	762,60	0,00	583,58
6	1275,19	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88

5	1560,90	4467,59	0,01	686,25	0,01	315,00	0,00	899,10	0,00	659,88
4	1847,02	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
3	2132,23	5071,45	0,01	789,75	0,01	362,25	0,00	1025,10	0,00	751,28
2	2418,87	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40
1	2704,40	6398,31	0,01	1014,75	0,01	463,50	0,00	1302,96	0,00	950,40

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,00	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	42,75	391,89	0,00	446,76
9	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
8	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
7	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
6	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
5	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
4	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
3	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
2	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76
1	0,01	872,55	0,00	236,25	87,44	69,98	89,84	391,89	0,00	446,76

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,82	642,33	0,02	143,10	45,35	51,53	23,90	274,17	0,03	338,25
9	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
8	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
7	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
6	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
5	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
4	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
3	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
2	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25
1	11,02	642,33	0,03	143,10	45,35	51,53	51,88	274,17	0,03	338,25

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
10	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	5,91	186,93	0,00	252,45
9	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
8	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
7	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
6	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45

Desain Kapasitas Profil Kolom SRBE										
Lantai	Elemen Tekan		Elemen Lentur				Elemen Geser			
	Pu	Pn	Mux	Mnx	Muy	Mny	Vuy	Vny	Vux	Vnx
	kN	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN	kN	kN	kN
5	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
4	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
3	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
2	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45
1	0,00	329,23	0,00	85,28	14,91	31,50	9,16	186,93	0,00	252,45

Lampiran 5 Rekapitulasi Displacement

Pada lampiran ini akan menampilkan *displacement* pada titik 15, 23, 22, 26, 11 dan 32 1st order dan 2nd order.

Split-K Posisi Muka 1st Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	65,6	65,8	61,7	61	60,3	61	60,3	62,6	65,6	62,6	65,6	65,8
9	54,5	58,2	54,5	53,8	53,2	53,8	53,2	55,3	58	55,3	58	58,2
8	46,3	49,5	46,3	45,7	45,2	45,7	45,3	47	49,3	46,9	49,3	49,5
7	38,5	41,2	38,5	38	37,6	38	37,6	39	41	39	41	41,2
6	30,8	33	30,8	30,4	30,1	30,4	30,1	31,3	32,8	31,2	32,8	33
5	23,5	25,3	23,5	23,2	22,9	23,2	22,9	23,9	25,1	23,9	25,1	25,3
4	16,8	18,1	16,8	16,7	16,4	16,7	16,4	17,1	17,9	17,1	17,9	18,1
3	10,8	11,8	10,9	10,8	10,6	10,8	10,6	11,2	11,6	11,8	11,6	11,8
2	5,9	6,6	6	5,9	5,8	6	5,8	6,3	6,4	6,7	6,4	6,6
1	2,1	2,5	2,2	2,2	2	2,2	2	2,4	2,3	2,3	2,3	2,5

D-shape Posisi Muka 1st Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	64,4	67,3	64,4	61,5	62,6	61,5	62,6	63,1	68,1	63,1	68,1	67,3
9	57,7	60,4	57,7	55,1	56,2	55,1	56,1	56,4	61	56,4	61	60,4
8	49,6	51,8	49,6	47,2	48,2	47,2	48,2	48,4	52,4	48,4	52,4	51,8
7	41,8	43,7	41,8	39,9	40,7	39,9	40,7	40,8	44,2	40,8	44,2	43,7
6	33,8	35,4	33,8	32,3	33	32,3	33	33,1	35,8	33,1	35,8	35,4
5	26,5	27,8	26,5	25,4	25,9	25,4	25,9	26	28,1	26	28,1	27,8
4	19,5	20,5	16,9	18,8	19,1	18,8	19,1	19,2	20,7	19,2	20,7	20,5
3	13,2	13,9	13,2	12,7	12,8	12,7	12,8	13	13,9	13	13,9	13,9
2	7,5	8	7,5	7,4	7,3	7,4	7,3	7,5	8	7,6	8	8
1	2,9	3,3	2,9	3,1	2,8	3,1	2,8	3,1	3,1	3,1	3,1	3,3

Bangunan Tanpa Breis 1st Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	149,8	196,5	149,8	182,1	141,6	182,1	141,6	189,3	154,1	189,3	154,1	196,5
9	141,8	187,3	141,8	173,4	134,2	173,4	134,2	180,1	146,4	180,1	146,4	187,3
8	128,9	170,2	128,9	157,5	122,1	157,5	122,1	163,4	133,5	163,4	133,5	170,2
7	113,4	150,7	113,4	139,4	107,5	139,4	107,5	144,6	117,7	144,6	117,7	150,7
6	95,4	127,6	95,4	118	90,5	118	90,5	122,3	99,2	122,3	99,2	127,6
5	77	104,6	77	96,6	73	96,6	73	100,1	80,2	100,1	80,2	104,6
4	57,8	80,1	57,8	73,9	54,8	73,9	54,8	76,6	60,4	76,6	60,4	80,1
3	38,9	55,8	38,9	51,5	36,9	51,5	36,9	53,3	40,8	53,3	40,8	55,8
2	21,2	31,9	21,2	29,4	20,1	29,4	20,1	30,4	22,4	30,4	22,4	31,9
1	7,2	11,7	7,2	10,8	6,8	10,8	6,8	11,1	7,7	11,1	7,7	11,7

Split-K Posisi Dalam 1st Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	66,6	78,7	66,6	61,1	62,2	61,1	62,2	65,3	79,9	65,3	79,9	78,7
9	59,3	71,1	59,3	54,1	55,1	54,1	55,1	58,2	72,2	58,2	72,2	71,1
8	50,8	61,7	50,8	46	46,9	46	46,9	49,8	62,6	49,8	62,6	61,7
7	42,6	52,7	42,6	38,4	39,1	38,4	39,1	41,9	53,5	41,9	53,5	52,7
6	34,5	43,4	34,5	30,8	31,4	30,8	31,4	33,9	44,1	33,9	44,1	43,4
5	26,8	34,5	26,8	23,7	24,1	23,7	24,1	26,3	35	26,3	35	34,5
4	19,5	25,9	19,5	17,1	17,4	17,1	17,4	19,3	26,3	19,3	26,3	25,9
3	13,3	17,9	13,3	11,2	11,4	11,2	11,4	13,1	18,1	13,1	18,1	17,9
2	8,3	10,8	8,3	6,4	6,4	6,4	6,4	8,2	10,8	8,2	10,8	10,8
1	3,6	4,5	3,6	2,5	2,4	2,5	2,4	3,6	4,5	3,6	4,5	4,5

<i>D-shape</i> Posisi Dalam												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	69,2	91,4	69,2	65,3	67,2	65,3	67,2	67,5	93,6	67,5	93,6	91,4
9	62,7	84,2	62,7	59,1	60,8	59,1	60,8	61,1	86,1	61,1	86,1	84,2
8	54	73,8	54	50,8	52,4	50,8	52,4	73,8	75,5	51	75,5	73,8
7	45,9	64,2	45,9	43,3	44,6	43,3	44,6	44,7	65,6	44,7	65,6	64,2
6	37,8	53,5	37,8	35,3	36,4	35,3	36,4	36,8	54,7	36,8	54,7	53,5
5	31,6	43,7	31,6	28,1	28,9	28,1	28,9	30,8	44,6	30,8	44,6	43,7
4	25,1	33,6	25,1	21	21,6	21	21,6	24,5	34,4	24,5	34,4	33,6
3	18,5	24,1	18,5	14,5	14,9	14,5	14,9	18,1	24,5	18,1	24,5	24,1
2	11,8	14,8	11,8	8,6	8,5	8,6	8,5	11,6	15	11,6	15	14,8
1	5,4	6,8	5,4	3,1	3,7	3,1	3,7	5,4	6,7	5,4	6,7	6,8

<i>Split-K</i> Posisi Muka 2nd Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	69,8	74,2	69,8	69	68,2	69	68,2	70,9	74	70,9	74	74,2
9	61,5	65,6	61,5	60,8	60,1	60,8	60,1	62,4	65,3	62,4	65,3	65,6
8	52,2	55,6	52,2	51,5	51	51,5	51	52,9	55,5	52,9	55,5	55,6
7	43,3	46,2	43,3	42,7	42,2	42,7	42,2	43,9	46	43,9	46	46,2
6	34,5	36,9	34,5	34,1	33,7	34,1	33,7	35	36,7	35	36,7	36,9
5	26,2	28,2	26,3	25,9	25,6	25,9	25,6	26,7	28	26,6	28	28,2
4	18,7	20,1	18,7	18,5	18,2	18,5	18,2	19,1	19,9	19	19,9	20,1
3	12	13	12	11,9	11,7	11,9	11,7	12,3	12,8	12,3	12,8	13
2	6,5	7,2	6,6	6,6	6,4	6,6	6,4	6,9	7	6,8	7	7,2
1	2,3	2,7	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2	2,6	2,5	2,5	2,5	2,7

D-shape Posisi Muka 2nd Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	71,4	75,2	71,4	68,8	69,4	68,8	69,4	70,7	75,4	70,7	75,4	75,2
9	64,1	67,4	64,1	61,6	62,3	61,6	62,3	63,2	67,7	63,2	67,7	67,4
8	55	57,8	55	52,8	53,5	52,8	53,5	54,1	58,1	54,1	58,1	57,8
7	46,4	48,8	46,4	44,6	45,1	44,6	45,1	45,7	49	45,7	49	48,8
6	37,5	39,5	37,5	36,1	36,5	36,1	36,5	37	39,7	37	39,7	39,5
5	29,4	31	29,4	28,4	28,6	28,4	28,6	29,1	31,1	29,1	31,1	31
4	21,6	22,9	21,6	21	21,1	21	21,1	21,5	22,9	21,5	22,9	22,9
3	14,5	15,5	14,6	14,2	14,2	14,2	14,2	14,6	15,4	14,6	15,4	15,5
2	8,3	9	8,3	8,3	8,1	8,3	8,1	8,4	8,8	8,4	8,8	9
1	3,2	3,7	3,2	3,4	3,2	3,4	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,7

Bangunan Tanpa Breis 2nd Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	173,9	232,9	173,9	216,2	164,1	216,2	164,1	224,6	178,2	224,6	178,2	232,9
9	164,8	222,1	164,8	206	155,7	121,8	155,7	213,9	169,6	213,9	169,6	222,1
8	150	201,9	150	187,1	141,8	187,1	141,8	194,2	154,8	194,2	154,8	201,9
7	132,1	178,9	132,1	165,7	125	165,7	125	171,9	136,7	171,9	136,7	178,9
6	111,3	151,6	111,3	140,3	105,4	140,3	105,4	145,5	115,4	145,5	115,4	151,6
5	90	124,3	90	115	85,2	115	85,2	119,2	93,6	119,2	93,6	124,3
4	67,7	95,3	67,7	88,1	64,1	88,1	64,1	91,3	70,6	91,3	70,6	95,3
3	45,7	66,5	45,7	61,4	43,3	61,4	43,3	63,6	47,9	63,6	47,9	66,5
2	25,1	38,1	25,1	35,2	23,7	35,2	23,7	36,4	26,4	36,4	26,4	38,1
1	8,6	14	8,6	12,9	8,1	12,9	8,1	13,4	9,1	13,4	9,1	14

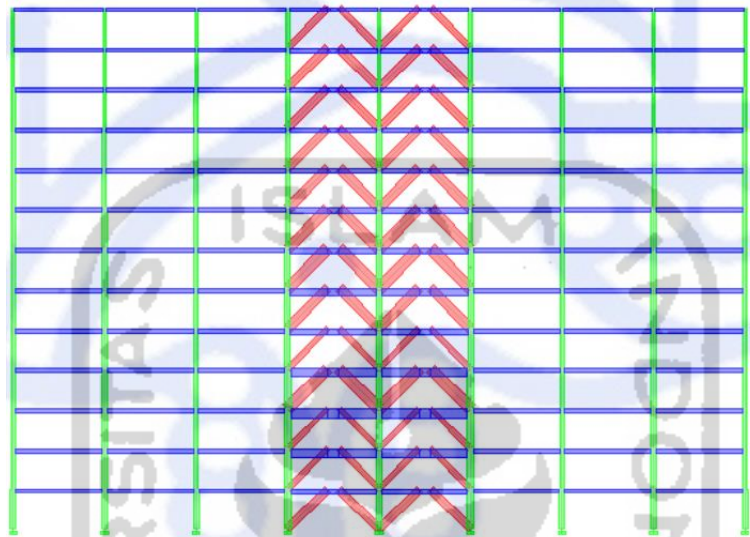
Split-K Posisi Dalam 2nd Order												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	75,2	88,4	75,2	69	70,4	69	70,4	73,7	89,7	73,7	89,7	88,4
9	66,8	79,8	66,8	61	62,2	61	62,2	65,5	81	65,5	81	79,8
8	57,1	69	57,1	51,8	52,9	51,8	52,9	56	70,1	56	70,1	69
7	47,9	58,8	47,9	43,1	44	43,1	44	47	59,7	47	59,7	58,8
6	38,6	48,3	38,6	34,5	35,2	34,5	35,2	37,9	49,1	37,9	49,1	48,3
5	29,9	38,3	29,9	26,5	27	26,5	27	29,3	38,9	29,3	38,9	38,3
4	21,7	28,7	21,7	19	19,3	19	19,3	21,4	29,1	21,4	29,1	28,7
3	14,9	19,7	14,9	19,7	12,6	12,4	12,6	14,6	19,9	14,6	19,9	19,7
2	9,3	11,8	11,9	11,8	7	7	7	9,2	11,9	9,2	11,9	11,8
1	4	4,9	4,9	4,9	2,6	2,7	2,6	4,1	4,9	4,1	4,9	4,9

Dshape Posisi Dalam												
Lantai	Label											
	15		23		22		26		11		32	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	76,7	101,9	76,7	73,3	74,6	73,3	74,6	75,6	103,8	75,6	103,8	101,9
9	69,6	93,9	69,6	66,4	67,6	66,4	67,6	68,5	95,5	68,5	95,5	93,9
8	59,9	82,3	59,9	57,2	58,3	57,2	58,3	58,9	83,8	58,9	83,8	82,3
7	51	71,6	51	48,7	49,7	48,7	49,7	50,1	72,8	50,1	72,8	71,6
6	41,5	59,6	41,5	37,7	41,4	37,7	41,4	40,8	60,6	40,8	60,6	59,6
5	34,8	48,7	34,8	31,6	32,2	31,6	32,2	34,1	49,5	34,1	49,5	48,7
4	27,7	37,5	27,7	23,6	24,1	23,6	24,1	27,2	38,1	27,2	38,1	37,5
3	20,6	26,8	20,6	16,4	16,6	16,4	16,6	20,3	27,2	20,3	27,2	26,8
2	13,1	16,5	13,1	9,4	9,8	9,4	9,8	13	16,6	13	16,6	16,5
1	6	7,5	6	4,4	4,2	4,4	4,2	6,1	7,4	6,1	7,4	7,5

Lampiran 6 Hasil Analisis ETABS

1. Contoh permodelan

Pada permodelan ini akan dicontohkan 2 (dua) hasil permodelan yang dilakukan oleh Puspitasari (2014) dan Wangjae You (2015).



Gambar 1 Contoh Permodelan oleh Puspitasari (2014)

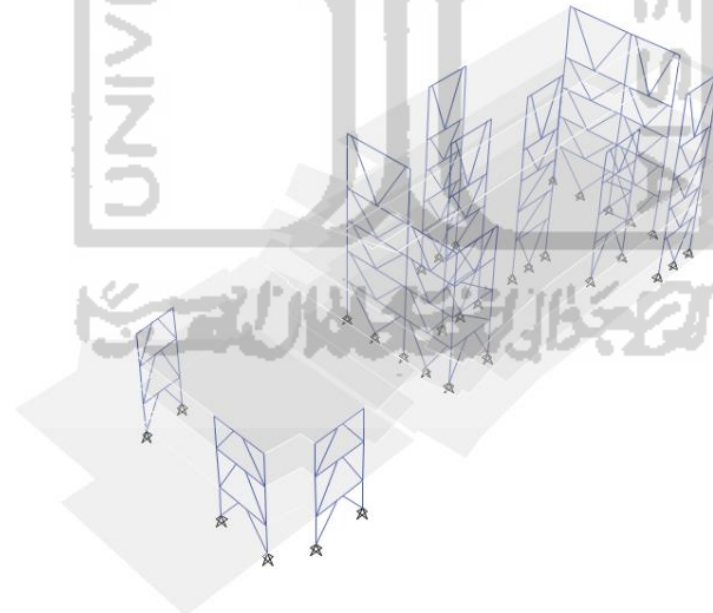
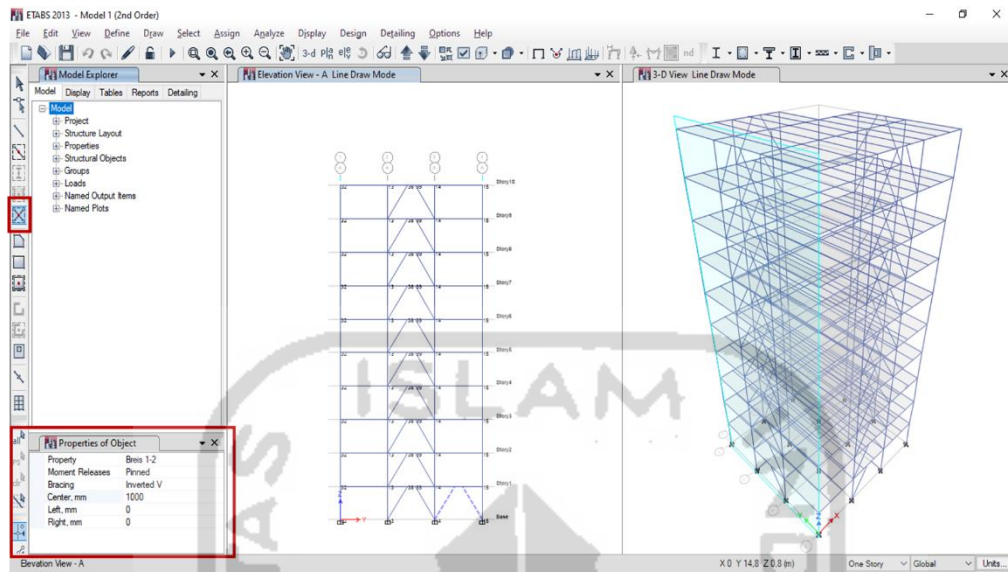


Figure 20 | Ecentrically Braced Frame Layout | ETABS 2013 3D Model

Gambar 2 Contoh Permodelan Wangjae You, 2015

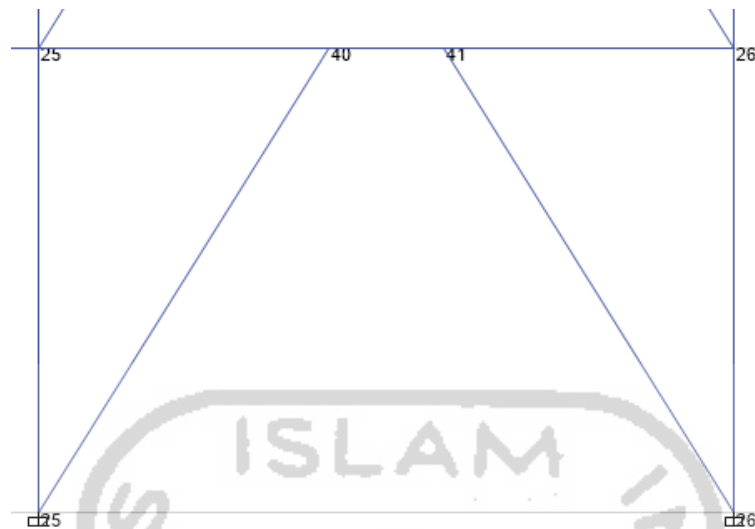
2. Permodelan EBF pada ETABS



Gambar 3 Permodelan EBF pada ETABS



Gambar 4 Permodelan dengan Link

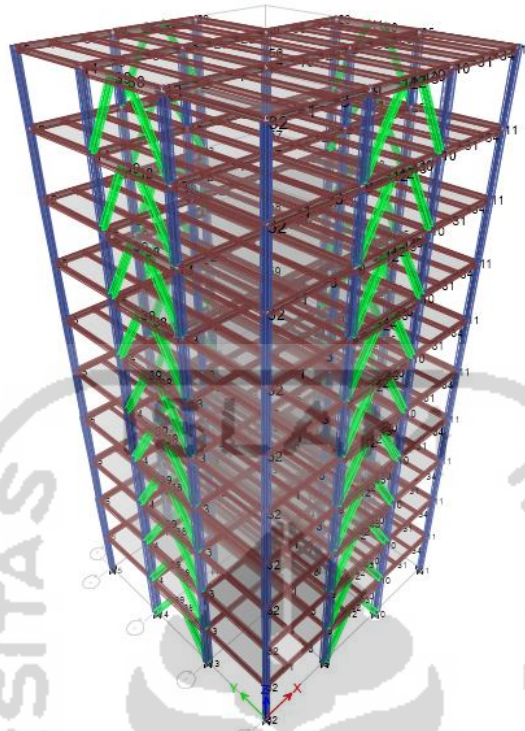


Gambar 5 Permodelan Tanpa Link

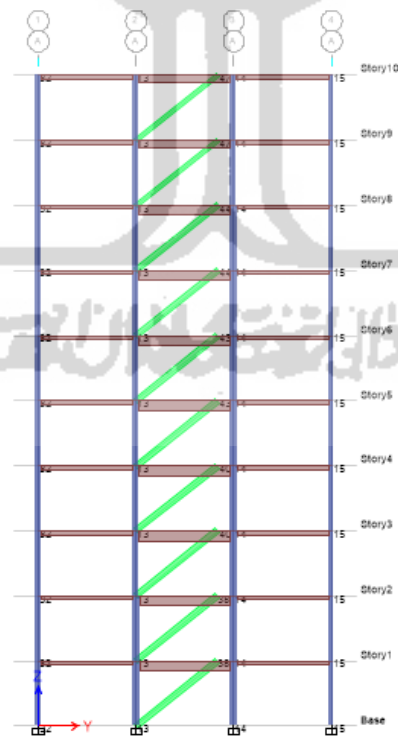
Seperti contoh yang telah dilampirkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 Lampiran 6 dapat dilihat bahwa pada EBF tidak memodelkan "Link". Pada Gambar 3 Lampiran 6 dapat dilihat bahwa ETABS dapat membaca eksentrisitas dengan menginput panjang eksentrisitas pada kolom "*Properties of Objects*". Permodelan yang sudah dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



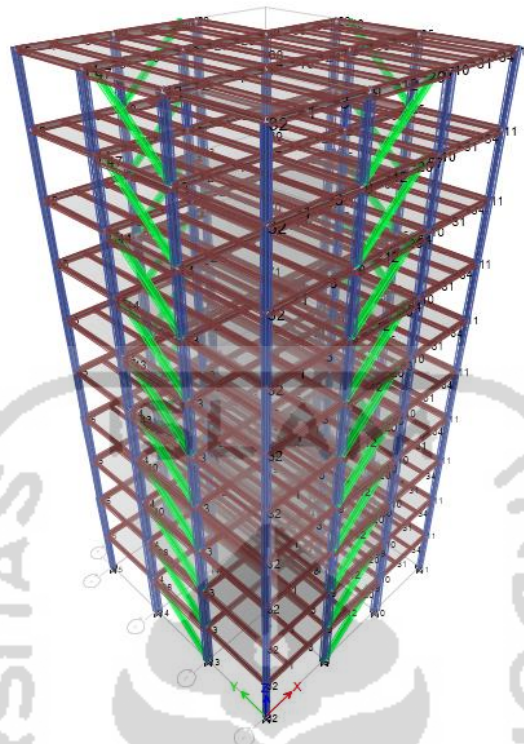
Gambar 6 Tampak Muka Split-K Posisi Muka



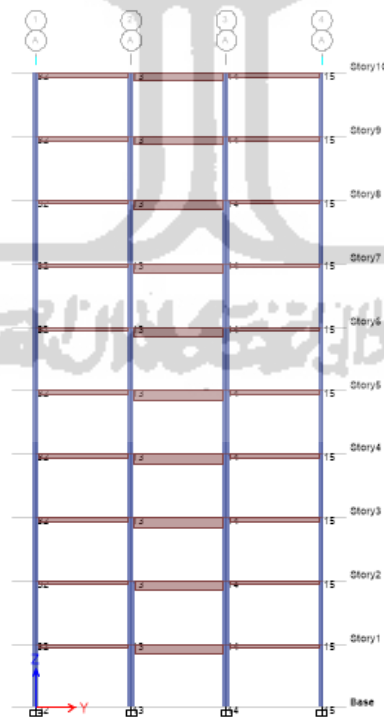
Gambar 7 Tampak 3D Split-K Posisi Muka



Gambar 8 Tampak Muka Split-K Posisi Muka



Gambar 9 Tampak 3D D-shape Posisi Muka



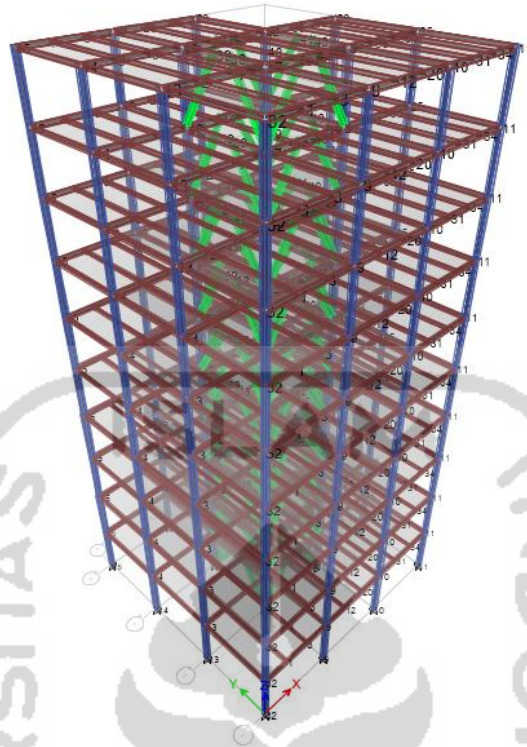
Gambar 10 Tampak Muka Bangunan Tanpa Breis



Gambar 11 Tampak 3D Bangunan Tanpa Breis



Gambar 12 Tampak Muka Split-K Posisi Luar



Gambar 13 Tampak 3D Split-K Posisi Luar

3. Hasil analisis ETABS

Dari hasil analisis juga didapatkan hasil sebagai berikut ini.

(AISC 341-Part I 15.6b, 15.2b: $1.1 * Q1$ replaces E, Q1 leads to link shear of $Ry * Vn$)

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
3500	221,8734	-568,5081	-0,0015	-278,4287	-0,009	0,6418

Gambar 14 Hasil Analisis Balok Link

(AISC 341-Part I 15.8, 15.2b: $P_r = P_{gravity} + \text{Sum of } 1.1 * R_y * V_n \text{ of Links}$)

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
3383	-7931,8102	-56,9703	-39,6977	30,9839	20,0277	0,0278

Gambar 15 Hasil Analisis Kolom SRBE

(AISC 341-Part I 15.6a, 15.2b: $1.25 * Q_1$ replaces E , Q_1 leads to link shear of $R_y * V_n$)

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
2358,5	-4186,3792	6,2548	0	0	0	0

Gambar 16 Hasil Analisis Breis

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
2500	0	46,875	0,0008	-0,4364	0	0,0033

Gambar 17 Hasil Analisis Balok Induk

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
0	-5642,7683	0	0	-0,011	0,011	0

Gambar 18 Hasil Analisis Kolom nonSRBE

Pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 Lampiran 6 dapat dilihat terjadi peningkatan gaya. Hal ini sudah sesuai dengan ETABS manual dan AISC 341-10 berikut ini.

For load combinations including seismic effects, a load Q_i is substituted for the term E , where Q_i is defined as the axial forces and moments generated by at least $1.25 R_y V_n$ for I-Shapes and $1.4 R_y V_n$ for Box shapes, where V_n is the nominal shear strength of the link beam (ASIC SEISMIC F3.3).

Gambar 19 ETABS Manual Tentang Perbesaran Gaya

The *required strength* of *diagonal braces* and their connections, beams outside links, and columns shall be based on the load combinations in the *applicable building code* that include the *amplified seismic load*. In determining the amplified seismic load, the effect of horizontal forces including overstrength, E_{mh} , shall be taken as the forces developed in the member assuming the forces at the ends of the links correspond to the adjusted link shear strength. The adjusted link shear strength shall be taken as R_y times the link nominal shear strength, V_n , given in Section F3.5b(2) multiplied by 1.25 for I-shaped links and 1.4 for box links.

Exceptions:

- (1) The effect of horizontal forces including overstrength, E_{mh} , is permitted to be taken as 0.88 times the forces determined above for the design of the following members:
 - (a) The portions of beams outside links
 - (b) Columns in frames of three or more stories of bracing

Gambar 20 AISC 341-10 Tentang Perbesaran Gaya

Maka dari itu dapat dipastikan bahwa ETABS dapat mengenali “*Link*” pada EBF tanpa harus dimodelkan terlebih dahulu secara spesifik.

Sedangkan pada breis direncanakan memiliki sambungan sendi (*pinned*). Penggunaan sambungan jepit (*continuous*) diperlukan jika breis didesain untuk menahan sebagian momen yang terjadi pada *link*. Hal ini sudah sesuai dengan pernyataan Bruneau berikut ini.

Fully restrained moment connection is needed if the diagonal brace is designed to carry a portion of the link end moment. Complete-joint-penetration groove welds, especially in the brace flanges, are generally used. Figure 10.22a shows one such example; note the designer opted to shop weld the brace-to-beam connection to avoid overhead welding in the field, and the brace was field spliced.

The design of beam-to-column connection for the end of the brace opposite the link is the same as that of SCBF.

Gambar 21 Bruneau dkk (1998) Tentang Sambungan Breis