



**ANALISIS PERILAKU STRUKTUR HOTEL DAFAM LOTUS JEMBER
MENGUNAKAN *MOMENT RESISTING FRAME* DAN
*ECCENTRICALLY BRACED FRAME***

SKRIPSI

Oleh

REZA KURNIAWAN

NIM 141910301043

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**ANALISIS PERILAKU STRUKTUR HOTEL DAFAM LOTUS JEMBER
MENGUNAKAN *MOMENT RESISTING FRAME* DAN
*ECCENTRICALLY BRACED FRAME***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu
syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Strata Satu (S1) Fakultas Teknik

Universitas Jember

Oleh

REZA KURNIAWAN

NIM 141910301043

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Sebuah karya yang akan menjadi bukti utama akan tercapainya suatu pencapaian, maka tak henti-hentinya penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatnya sehingga penulis bisa menyelesaikan karya ini dengan sangat baik, insya Allah. Tidak lain penulis juga berterimakasih kepada beberapa pihak, sekaligus penulis persembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Ayahanda tercinta Adi Purwanto dan ibunda tersayang Nur Hasnik yang selalu mendukung penulis secara totalitas dan intensitas, baik dari segi moril maupun materiil;
2. Kakak Matiin Maurice dan adik Muhajid Amrullah, serta keponakan si mungil Alifia Qinanti Widya Saputra yang selalu menjadi sumber semangat penulis dalam menuntut ilmu;
3. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T. dan Ibu Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc. yang telah membimbing penulis dengan sanagat baik;
4. Seluruh keluarga besar khususnya Rindang Banua yang turut mendoakan dan memotivasi penulis;
5. Taqqiudin Haq dan Farma Agnes Diantara yang telah memberikan dukungan serta menjadi saksi dari awal sampai akhir penulisan tugas akhir ini;
6. Ari, Denis, Ayu, Nurul dan semua sahabat-sahabat Teknik Sipil 2014 yang telah banyak membantu dan mendukung penulis;
7. Nurhayati yang selalu menemani dan banyak membantu penulis;
8. Tempat kerja praktik PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH Proyek Spazio Tower 2 Surabaya, Khususnya bapak Gideon dan kakak Yuda yang telah memberikan banyak pengetahuan dan pengalaman;
9. Guru-guru mulai dari sekolah dasar sampai perguruan tinggi yang tidak dapat disebut oleh penulis;
10. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

MOTTO

Tiadaanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan dan
saya percaya pada diri saya sendiri

(Muhammad Ali)

Barangsiapa bertakwa pada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar
kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-
sangka...Barangsiapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah jadikan urusannya
menjadi mudah...Barangsiapa yang bertaqwa pada Allah akan dihapuskan dosa-
dosanya dan mendapatkan pahala yang agung.

(QS. Ath-Thalaq: 2, 3, 4)

Learn from yesterday, Live for today, And hope for tomorrow

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Reza Kurniawan

NIM : 141910301043

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “ANALISI PERILAKU STRUKTUR HOTEL DAFAM LOTUS JEMBER *MENGGUNAKAN MOMENT RESISTING FRAME DAN ECCENTRICALLY BRACED FRAME*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 April 2018

Yang menyatakan

Reza Kurniawan

NIM. 141910301043

SKRIPSI

**ANALISIS PERILAKU STRUKTUR HOTEL DAFAM LOTUS JEMBER
MENGUNAKAN *MOMENT RESISTING FRAME* DAN
*ECCENTRICALLY BRACED FRAME***

Oleh :

Reza Kurniawan

NIM. 141910301043

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Perilaku Struktur Hotel Dafam Lotus Jember Menggunakan *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame*" telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Selasa, 24 April 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,



Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199802 1 001



Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 760015715

Penguji I,

Penguji II,



Ir. Hermu Suyoso, M.T.
NIP. 19551112 198702 1 001



Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.
NIP. 760016772

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Lutfin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

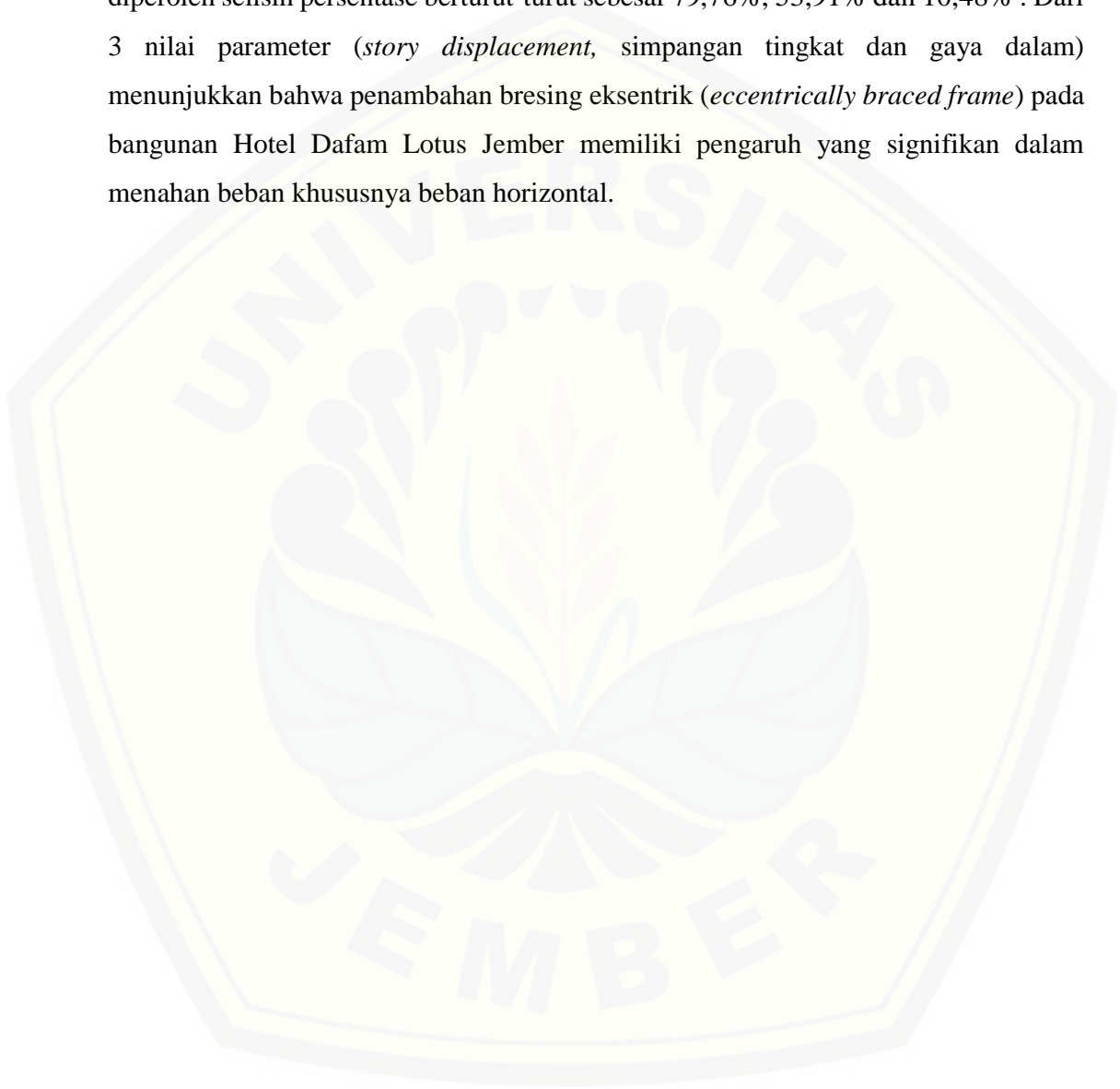
RINGKASAN

Analisis Perilaku Struktur Hotel Dafam Lotus Jember Menggunakan *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame*; Reza Kurniawan, 141910301043; 2018: 128 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat intensitas kegempaan yang tinggi. Ini menjadikan Indonesia tidak terhindarkan dari dampak negatif yang akan ditimbulkan oleh gempa bumi. Salah satunya yaitu menyebabkan kerusakan infrastruktur fisik dimana kerusakan unit bangunan menjadi yang paling dominan. Pemerintah mengantisipasi hal tersebut dengan mengeluarkan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung SNI 03-1726-2012, peraturan tersebut juga membahas mengenai bresing yang menjadi salah satu alternatif pembangunan untuk menangani masalah gempa. *Eccentrically braced frame* (EBF) merupakan salah satu jenis bresing yang memiliki sifat kaku dan daktail sekaligus, dibandingkan dengan *concentrically braced frame* (CBF) yang hanya memiliki kekakuan yang baik, dan *moment resisting frame* (MRF) yang hanya bersifat daktail.

Pembahasan ini bertujuan untuk membandingkan efektifitas penggunaan struktur EBF dengan *short link*, struktur EBF dengan *intermediate link*, dan MRF berdasarkan nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam, dengan melakukan perencanaan ulang terhadap bangunan Hotel Dafam Lotus Jember yang merupakan salah satu bangunan tinggi di Jember dengan jumlah lantai sebanyak 10 lantai, namun perhitungan struktur mengasumsikan bangunan terletak di zona gempa 5 agar memperoleh nilai simpangan horizontal yang signifikan. Perhitungan struktur menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) dan menggunakan program bantu analisa struktur. Berdasarkan analisis tersebut diperoleh bahwa struktur EBF dengan *short link* maupun dengan *intermediate link* lebih efektif dalam menerima beban, baik beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) maupun beban horizontal

(beban gempa). Namun, jika dibandingkan antara keduanya lebih efektif struktur EBF dengan *short link*. Dengan selisih persentase nilai story displacement dan simpangan tingkat berturut-turut sebesar 86,99 % dan 75,99% dan hasil analisis gaya dalam yang meliputi momen, geser dan aksial antara struktur MRF dan EBF dengan *short link* diperoleh selisih persentase berturut-turut sebesar 79,76%, 53,91% dan 10,48% . Dari 3 nilai parameter (*story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam) menunjukkan bahwa penambahan bresing eksentrik (*eccentrically braced frame*) pada bangunan Hotel Dafam Lotus Jember memiliki pengaruh yang signifikan dalam menahan beban khususnya beban horizontal.



SUMMARY

Structural Behavior Analysis Dafam Lotus Jember Hotel by Using Moment Resisting Frame and Eccentrically Braced Frame; Reza Kurniawan, 141910301043; 2018: 128 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Earthquakes are earth-shaking events due to the sudden release of energy in the earth that is marked by the breaking of rock layers in the earth's crust. Indonesia is a country that has a high level of seismic intensity. This makes Indonesia inevitable from the negative impact that will be caused by the earthquake. One of them is causing damage to physical infrastructure where damage of building unit become the most dominant. The government anticipates this by issuing SNI 03-1726-2012, this regulation also studies about bracing which became one of the development alternatives for dealing with earthquakes. Eccentrically braced frame (EBF) is one of braces which has stiff and ductile properties at once, compared with concentrically braced frame (CBF) which only has a good rigidity, and moment resisting frames (MRF) purely ductile.

This discussion aims to compare the effectiveness of the use of EBF structures with short links, EBF structure with intermediate links, and MRF based on story displacement, deflection levels and internal force, by re-planning the Dafam Lotus Jember Hotel building which is one of the tallest building in Jember with the number of floors as much as 10 floor, but the calculation of the structure assumes the building is located in an earthquake zone 5 in order to obtain significant horizontal deviation value. The structure calculation using the LRFD (Load and Resistance Factor Design) and using structural analysis aids program. Based on this analysis showed that EBF structure with short link and with intermediate link is more effective in accepting the burden, both gravity loads (dead load and live load) and horizontal loads (seismic loads). However, when compared between the two are more effective EBF structure with short links. With the difference of percentage of story displacement and deviation in squence level of 86,99% and 75,99% and the

analysis result internal force and that includes moment, shear and axial between MRF and EBF structure with short link obtained percentage difference in sequence at 79,76%, 53.91% and 10.48%. The three values of these parameters (story displacement, deviation level and internal force) indicate that the addition of bracing eccentric (eccentrically braced frames) at Dafam Lotus Jember Hotel building has a significant impact, especially in weight-bearing horizontal loads.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perilaku Struktur Hotel Dafam Lotus Jember Menggunakan *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Wiwik Yunarni W., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik,
3. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama,
4. Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota,
5. Ir. Hernu Suyoso, M.T. dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Dosen Penguji Anggota,
6. Kedua orang tuaku dan saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 24 April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM)	5
2.2 Sistem Rangka Bresing (SRB)	7
2.2.1 Element <i>Link</i>	9
2.3 Sistem Struktur Bertulang	12
2.3.1 Pengertian Beton	12
2.3.2 Pengertian dan Definisi Beton Bertulang	12
2.3.3 Pelat Beton Bertulang	12
2.4 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja	13

2.4.1 Analisis Kapasitas Penampang.....	13
2.4.2 Balok - Kolom	17
2.4.3 Komponen Struktur Komposit	19
2.5 Tata Cara Perencanaan Gedung Tahan Gempa.....	23
2.5.1 Pembebanan	24
2.5.2 Kombinasi Pembebanan	27
2.5.3 Gempa Rencana, Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	28
2.5.4 Geser Dasar Seismik.....	28
2.5.5 Periode Alami Fundamental Struktur	30
2.6 Kinerja Struktur	32
2.6.1 Kinerja Batas Layan.....	32
2.6.2 Kinerja Batas Ultimit	32
2.7 Penelitian Terdahulu	33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1 Lokasi Kajian.....	40
3.2 Waktu Kajian.....	41
3.3 Refrensi.....	41
3.4 Diagram Alir perencanaan.....	42
3.4.1 Pengumpulan Data	44
3.4.2 <i>Preliminary Design</i>	44
3.4.3 Perhitungan Struktur Sekunder dan Primer.....	44
3.4.4 Pemodelan MRF menggunakan Program Bantu Komputer.....	44
3.4.5 Perhitungan Pembebanan	44
3.4.6 <i>Running Program</i>	45
3.4.7 Validasi.....	45
3.4.8 Pemodelan EBF menggunakan Program Bantu Komputer.....	46
3.4.9 Perbandingan Struktur MRF dengan EBF dan Analisa Hasil	47
3.4.10 Kesimpulan.....	48
BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Analisis	49
4.2 <i>Preliminary Design</i>	49
4.2.1 Data Perencanaan	49
4.2.2 Perencanaan Dimensi Profil Balok, Kolom dan Bresing.....	50

4.3 Perhitungan Struktur.....	52
4.3.1 Perhitungan Struktur Sekunder	53
4.3.2 Perhitungan Struktur Primer.....	81
4.4 Pemodelan <i>Moment Resisting Frame</i>	91
4.4.1 Pembebanan	91
4.4.2 <i>Running Program</i>	95
4.4.3 Validasi.....	96
4.5 Pemodelan <i>Eccentrically Braced Frame</i>	98
4.5.1 <i>Running Program</i>	98
4.5.2 Kontrol Desain.....	100
4.6 Pembahasan	111
4.6.1 <i>Story Displacement</i>	111
4.6.2 Simpangan Tingkat	112
4.6.3 Gaya Dalam.....	112
4.6.4 Kinerja Balok Kolom	114
BAB 5. PENUTUP	129
5.1 Kesimpulan.....	129
5.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Ketentuan Pasal 21.1.1 SNI 2847:2013 dan Faktor yang Mempengaruhi6	
3.1 Desain Perencanaan <i>Link</i>47	
4.1 Profil Balok, Kolom dan Bresing.....52	
4.2 Perencanaan Tebal Pelat54	
4.3 Inersia Penampang56	
4.4 Penulangan Tangga80	
4.5 Faktor Kekuatan Masing-Masing Elemen86	
4.6 Faktor G Tiap-Tiap Joint.....87	
4.7 Faktor Panjang Efektif, k, Masing-Masing Kolom.....88	
4.8 Nilai λx Tiap-Tiap Kolom88	
4.9 Perhitungan Kolom91	
4.10 Spesifikasi <i>Lift Hyundai Elevator Co.Ltd.</i>93	
4.11 <i>Base Reactions.</i>96	
4.12 Pembebanan Struktur97	
4.13 Perhitungan Bresing103	
4.14 Kontrol Kinerja Batas Layan103	
4.15 Kontrol Kinerja Batas Ultimit.....104	
4.16 Perhitungan Bresing108	
4.17 Kontrol Kinerja Batas Layan109	
4.18 Kontrol Kinerja Batas Ultimit.....110	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Jenis-Jenis Konfigurasi SRBK.....	7
2.2 Jenis-Jenis Konfigurasi SRBE	8
2.3 Gaya yang Bekerja pada Balok <i>Link</i>	9
2.4 Klasifikasi <i>Link</i>	10
2.5 Distribusi Tegangan pada Kapasitas Momen Ultimit	20
2.6 Macam-Macam <i>Shear Connector</i> dan Bentuknya	22
2.7 Desain Respon Spectrm	27
2.8 Perbandingan Target Perpindahan Terhadap Variasi TingkatArah X	34
2.9 Perbandingan Target Perpindahan Terhadap Variasi TingkatArah Y	34
2.10 Perbandingan Gaya Geserseismik Terhadap Variasi TingkatArah X.....	35
2.11 Perbandingan Gaya Geserseismik Terhadap Variasi TingkatArah Y	35
2.12 Nilai <i>Story Displacement</i> MRF dan EBF.....	36
2.13 Perbandingan Gaya Aksial pada Kolom MRF dan EBF.....	37
2.14 Perbandingan Gaya Geser pada Kolom MRF dan EBF.....	37
2.15 Perbandingan Gaya Momen pada Kolom MRF dan EBF.....	38
2.16 Kurva <i>Pushover</i> Kelima Model Struktur	39
3.1 Lokasi Struktur Bangunan Hotel Dafam Lotus Jember	40
3.2 Hotel Dafam Lotus Jember	41
3.3 Diagram Alur Perencanaan	42
3.4 Desain Model Portal.....	46
4.1 Denah Struktur Hotel Dafam Lotus Jember.....	49
4.2 Letak Bresing Eksentris pada Hotel Dafam Lotus Jember	49
4.3 Segmen Pelat.....	54
4.4 Garis Netral Penampang Balok dan Pelat	57
4.5 Letak Sumbu Netral Plastis dan Distribusi Tegangan	60
4.6 Letak <i>Stud</i> pada Balok dan Pelat.....	63
4.7 Perencanaan Tangga.....	71
4.8 Balok Kolom MRF.....	86
4.9 Hasil Analisis Respon Spektrum.....	92

4.10 Denah Pembalokan.....	94
4.11 Pemodelan <i>Moment Resisting Frame</i>	96
4.12 Pemodelan <i>Eccentrically Braced Frame</i>	99
4.13 Portal EBF dengan <i>Short Link</i>	100
4.14 Kontrol Kinerja Batas Layan	104
4.15 Kontrol Kinerja Batas Ultimit.....	105
4.16 Portal Bresing dengan <i>Intermediate Link</i>	106
4.17 Kontrol Kinerja Batas Layan	109
4.18 Kontrol Kinerja Batas Ultimit.....	110
4.19 Perbandingan Story Displacement Struktur MRF dan EBF	111
4.20 Perbandingan Simpangan Tingkat Struktur MRF dan EBF.....	112
4.21 Perbandingan Momen pada Balok Tiap Lantai Struktur MRF dan EBF	113
4.22 Perbandingan Geser pada Balok Tiap Lantai Struktur MRF dan EBF	113
4.23 Perbandingan Aksial pada Kolo Tiap Lantai Struktur MRF dan EBF.....	114

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan berupa gelombang gempa bumi yang dipancarkan ke segala arah sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2017).

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat intensitas kegempaan yang tinggi. Ini menjadikan Indonesia tidak terhindarkan dari dampak negatif yang akan ditimbulkan oleh gempa bumi. Selain mengakibatkan jatuhnya korban jiwa, gempa bumi juga menyebabkan kerusakan infrastruktur fisik dimana kerusakan unit bangunan menjadi yang paling dominan.

Dalam mengantisipasi bahaya gempa, pemerintah Indonesia mempunyai standar peraturan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung yaitu **SNI-03-1726- 2012**. Pada perencanaan struktur bangunan tinggi, masalah yang timbul adalah kemampuan dari struktur sebagai suatu kesatuan sistem dalam menahan beban gempa. Dengan demikian bangunan di Indonesia harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu dalam mengatasi semua beban yang terjadi, termasuk beban gempa. Salah satu alternatif perencanaan struktur untuk mengatasi masalah gempa yaitu dengan memasang bresing (*bracing*) untuk bangunan tinggi, mengingat Indonesia merupakan negara yang mempunyai resiko terjadinya gempa yang cukup tinggi.

Bangunan tanpa bresing atau biasa disebut dengan *Moment Resisting Frame* (Sistem Rangka Pemikul Momen) memiliki daktilitas yang baik, tetapi kekakuannya terbatas. Sedangkan *Concentrically Braced Frame* (CBF) atau sistem rangka bresing konsentrik memiliki kekakuan yang tinggi, tetapi daktilitasnya terbatas. Karena kekakuan dan daktilitas merupakan dua parameter yang saling berlawanan serta untuk mengatasi masing-masing kelemahan dari MRF dan CBF, maka para peneliti mencoba untuk mengkombinasikan keduanya menjadi

Eccentrically Braced Frame (EBF). Sistem struktur *Eccentrically Braced Frame (EBF)* merupakan sistem yang membatasi perilaku inelastik hanya terjadi pada balok *link* yang berada diantara dua pengekang eksentrik, sedangkan bagian balok luar, kolom dan pengekang diagonal tetap elastik selama beban seismik bekerja (Danesmand & Hashemi, 2011). Oleh karena itu, sistem *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dapat memenuhi tingkat daktilitas yang tinggi seperti *Moment Resisting Frame*, dan juga dapat memberikan tingkat kekakuan elastis yang tinggi seperti *Concentrically Braced Frame* (Danesmand & Hashemi, 2011).

Sistem ini disebut eksentrik karena ujung batang dari bresing direncanakan memiliki eksentrisitas yang biasanya terletak pada balok. Segmen eksentrik pada balok disebut dengan *link* dimana komponen ini berfungsi sebagai *fuse* (sekring) pada struktur. Elemen *link* akan mengalami leleh terlebih dahulu melalui mekanisme lentur dan geser sebelum terjadi tekuk pada elemen yang mengalami tekan (Taranath, 2012).

Menurut AISC 341-10, *link* adalah segmen dari balok yang berada diantara ujung-ujung sambungan dua bresing diagonal atau diantara ujung suatu bresing diagonal dengan kolom. Dalam hal ini ada 3 jenis *link* ditinjau dari jarak panjang *link* tersebut yaitu *Short link* dengan, ($e \leq 1,6 Mp/Vp$), *Intermediate link* dengan ($1,6 Mp/Vp \leq e \leq 2,6 Mp/Vp$), dan *Long link* dengan ($e \geq 2,6 Mp/Vp$).

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan struktur terhadap bangunan Hotel Dafam Lotus Jember yang awalnya direncanakan menggunakan material beton bertulang ditransformasikan atau diubah dengan menggunakan material baja. Salah satu alasan dengan digunakannya material baja karena memiliki beberapa kelebihan dan keuntungan dibandingkan dengan material beton bertulang diantaranya memiliki struktur yang lentur serta ringan, sifat yang seragam, daktilitas yang bagus, bersifat liat (*toughness*), dan mudah dalam pemasangan di lapangan. Selanjutnya struktur bangunan tersebut ditambah dengan pemasangan bresing menggunakan konfigurasi bresing *V-inverted bracing* yang bertujuan untuk membandingkan perilaku struktur *Moment Resisting Frame* dengan *Eccentrically Braced Frame* berdasarkan nilai *story displacement*, simpangan

tingkat dan gaya dalam, lokasi gedung diasumsikan berada di zona gempa tinggi (zona 5) agar diperoleh nilai simpangan horizontal yang signifikan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan dalam Tugas Akhir ini berdasarkan latar belakang diatas adalah bagaimana perilaku struktur *Moment Resisting Frame* dengan *Eccentrically Braced Frame* pada struktur Hotel Dafam Lotus Jember berdasarkan nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam.

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk membandingkan nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam pada Hotel Dafam Lotus Jember dengan menggunakan *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame* dalam rangka menerima beban gravitasi (beban mati dan hidup) dan beban horizontal (beban gempa).

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Bagi pihak pengelola Hotel Dafam Lotus Jember dan pihak terkait lainnya, penelitian dan analisis ini diharapkan dapat memberikan ilmu serta wawasan baru tentang karakteristik dan perilaku penggunaan bresing (*bracing*) pada struktur. Sehingga kedepannya dapat menjadi salah satu pilihan dalam melakukan perencanaan pembangunan.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan kemampuan penulis, maka perlu adanya batasan masalah yang meliputi:

1. Hanya meninjau segi denah struktural bangunan atas.
2. Perhitungan dalam perencanaan ini dibantu dengan program bantu analisa struktur.
3. Struktur yang digunakan adalah struktur baja dengan menggunakan

metode LRFD yang mengacu pada peraturan SNI 03-1729-2015.

4. Konfigurasi bresing menggunakan *V- inverted bracing*.
5. Bangunan terdiri dari 10 lantai dan setiap lantai memiliki ketinggian,
 - Semi Basement : 3,50 m
 - Ground Floor : 4,25 m
 - Lt. Mezanine : 3,75 m
 - Lt. 2-6 : 3,10 m
 - Lt. 7 : 3,50 m
 - Lt. 8 : 3,10 m
6. Lokasi gedung diasumsikan berada di zona gempa 5 dengan jenis batuan tanah sedang.
7. Tidak memperhitungkan sambungan pada bresing.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) (SNI 1726:2012).

Rangka momen (*Moment frame*) adalah Rangka dimana komponen struktur dan joint menahan gaya melalui lentur, geser, dan gaya aksial (SNI 2847:2013). Penentuan sistem rangka harus sesuai dengan tingkat kerawanan (resiko) daerah tempat struktur bangunan tersebut berada terhadap gempa. Tingkat kerawanan tersebut dikatakan sebagai kategori desain seismik.

Kategori desain seismik (*Seismic design category*) adalah Klasifikasi yang ditetapkan untuk struktur berdasarkan pada kategori huniannya dan keparahan pergerakan tanah gempa rencana di lokasi, sebagaimana didefinisikan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal (SNI 2847:2013).

Menurut SNI 2847:2013, Rangka momen yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB): Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI Beton Pasal 1-20 dan 22, serta Pasal 21.1.2 dan 21.2. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS B.
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM): suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing Pasal 21.1.2 dan 21.1.8 serta 21.3. Sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.

- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK): suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan Pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, Pasal 21.5 hingga 21.8, serta Pasal 21.11 hingga 21.13. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E atau F.

Dari kategori yang ditetapkan oleh SNI 2847:2013 maka dapat ditabelkan seperti tabel berikut:

Tabel 2.1 Ketentuan Pasal 21.1.1 SNI 2847:2013 dan Faktor yang Mempengaruhi

Kategori Desain Seismik	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respons (R)	Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)
KDS B	Sistem Rangka Pemikul Momen			
	- SRPMB (Pasal 21.2)	3	3	2,5
	- SRPMM (Pasal 21.3)	5	3	4,5
	- SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)	8	3	5,5
KDS C	Sistem Rangka Pemikul Momen			
	- SRPMM (Pasal 21.3)	5	3	2,5
	- SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)	8	3	4,5
KDS D, E, dan F	Sistem Rangka Pemikul Momen - SRPMK (Pasal 21.5 - 21.8)	8	3	5,5

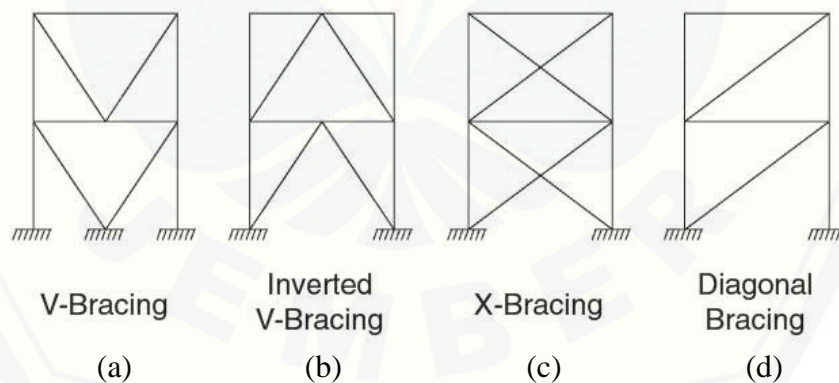
Dalam prosedur perencanaan berdasarkan SNI Gempa, struktur bangunan tahan gempa pada prinsipnya boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi

dengan suatu faktor modifikasi Respon struktur (faktor R), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang memiliki struktur.

2.2 Sistem Rangka Bresing (SRB)

Struktur rangka bresing merupakan sistem struktur yang didesain untuk menahan beban lateral berupa gempa. Elemen bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu hanya menerima gaya tarik atau tekan. Rangka bresing dikategorikan menjadi rangka bresing konsentrik dan rangka bresing eksentrik.

Struktur rangka bresing konsentrik (SRBK) merupakan sistem struktur yang elemen bresing diagonalnya bertemu pada satu titik. SRBK dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu struktur rangka bresing konsentrik biasa (SRBKB) dan struktur rangka bresing konsentrik khusus (SRBKK). Rangka bresing konsentrik memiliki beberapa tipe seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 yaitu tipe v pada nomor a, tipe v terbalik pada nomor b, tipe x nomor c, tipe z pada nomor d, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.

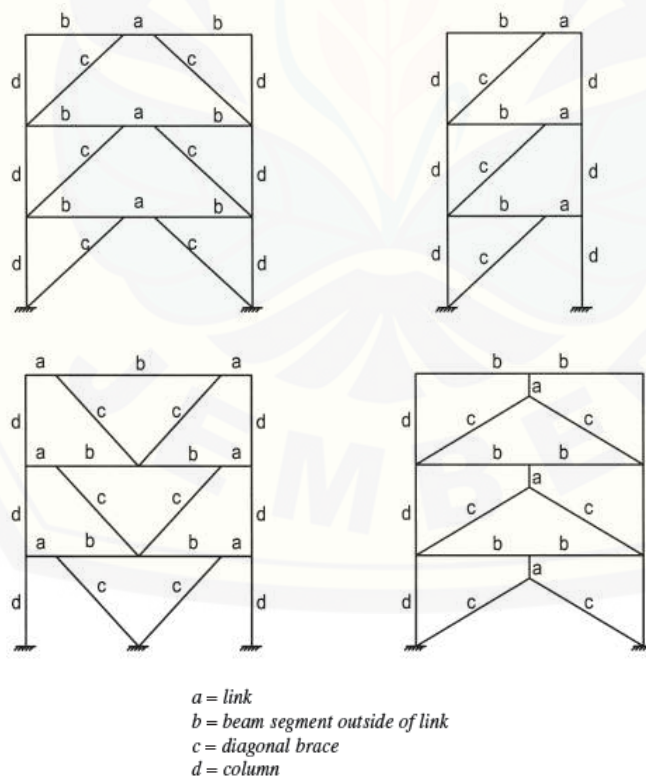


Gambar 2.1 Jenis-jenis konfigurasi SRBK

(Sumber: AISC, 2010)

Sistem rangka bresing eksentrik merupakan sistem struktur yang unik, karena menggabungkan kekakuan dan kekuatan yang dimiliki sistem rangka bresing dengan karakteristik disipasi energi secara inelastik yang dimiliki sistem

rangka pemikul momen. Sistem ini disebut eksentrik karena ujung batang dari bresing direncanakan memiliki eksentrisitas yang biasanya terletak pada balok. Segmen eksentrik pada balok disebut dengan *link* dimana komponen ini berfungsi sebagai *fuse* (sekring) pada struktur. Elemen link akan mengalami leleh terlebih dahulu melalui mekanisme lentur dan atau geser sebelum terjadi tekuk pada elemen yang mengalami tekan (Taranath, 2012). Menurut AISC 341-10, *link* adalah segmen dari balok yang berada diantara ujung-ujung sambungan dua breising diagonal atau di antara ujung suatu breising diagonal dengan kolom. Pada SRBE diharapkan dapat terjadi deformasi inelastis yang cukup besar pada *link* saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Kolom-kolom, batang bresing, dan bagian dari balok di luar *link* harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh link pada saat mengalami pelelehan penuh. Tipe breising eksentrik ditunjukkan pada Gambar 2.2.

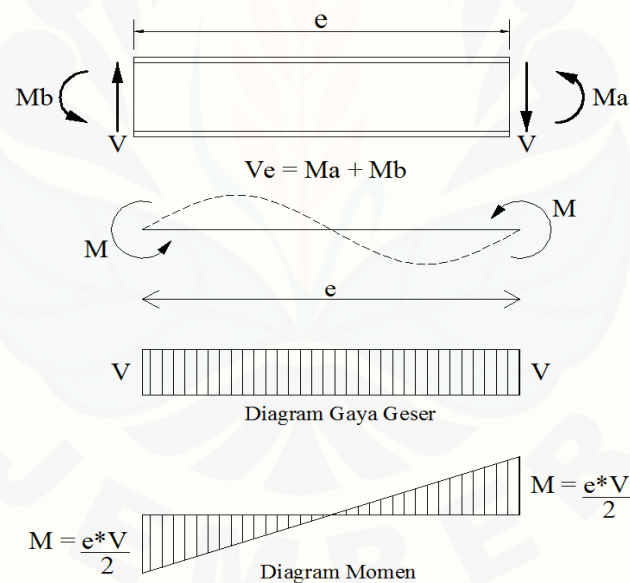


Gambar 2.2 Jenis-jenis konfigurasi SRBE

(Sumber: AISC, 2010)

2.2.1 Elemen *Link*

Menurut Moestopo dan Panjaitan (2012), *link* pada SRBE berupa elemen yang berperilaku sebagai balok pendek yang pada kedua sisinya bekerja gaya geser sama besar dengan arah yang berlawanan serta momen dengan besar dan arah yang sama. Mekanisme leleh yang terjadi pada *link* dapat berupa terbentuknya sendi plastis pada kedua ujung *link* akibat tercapainya momen sebesar M_p (momen plastis penampang *link*) dan disebut link lentur, atau berupa terjadinya leleh pada pelat badan *link* akibat tercapainya gaya geser sebesar V_p (gaya geser plastis penampang *link*) dan disebut *link* geser. Plastifikasi yang terjadi pada suatu elemen *link* disebabkan karena kedua gaya tersebut. Gambar 2.3 memperlihatkan gambaran gaya yang bekerja pada elemen *link*



Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada balok *link*
Sumber: (Popov dan Engelhardt, 1988)

Kinerja struktur yang telah terkena gempa akan berkurang akibat rusaknya *link*, yang membahayakan jika struktur tersebut mengalami kejadian gempa berikutnya. Penggantian link menjadi tidak mudah dilakukan bila *link* merupakan satu kesatuan dengan balok dan/atau kolom melalui sambungan las. Penggunaan

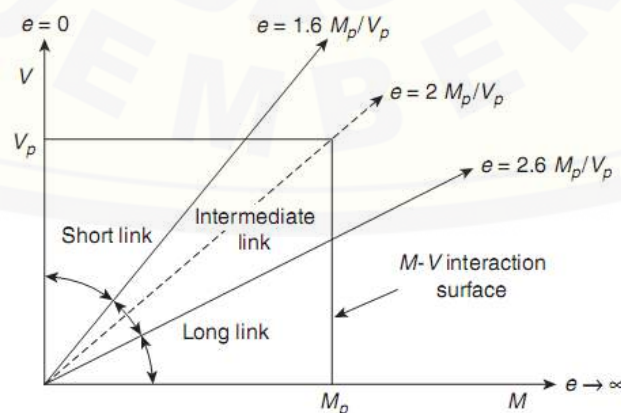
SRBE akan menjadi lebih ekonomis apabila *link* yang telah rusak akibat gempa dapat diganti tanpa mengganti komponen struktur lainnya (balok, kolom, breising) yang masih tetap elastik memikul beban gravitasi. Sejumlah kajian telah dilakukan terhadap penggunaan *link* dengan sambungan baut, sebagai link yang dapat diganti (*replaceable link*).

Kriteria balok *link* ditentukan dari normalisasi panjang *link* dengan rasio antara kapasitas momen plastis (M_p) dan kapasitas geser plastis (V_p). Pada link geser, gaya geser mencapai keadaan plastis (V_p) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya sehingga *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur, momen plastis (M_p) tercapai dahulu sebelum terjadi kelelahan geser.

Pendefinisian dari normalisasi panjang *link* (ρ) adalah sebagai berikut (Berman dan Bruneau, 2006):

$$\rho = \frac{e}{(M_p/V_p)} \quad (2.1)$$

dimana $M_p = Z_x F_y$; Z_x adalah modulus plastis penampang, F_y adalah tegangan leleh minimum, dan $V_p = 0.6 F_y (d - 2t_f) t_w$; d adalah tinggi penampang; t_f dan t_w adalah ketebalan sayap dan badan penampang.



Gambar 2.4 Klasifikasi *link*

Sumber: (Bruneau et al., 2011)

a. *Short Link* (*link* pendek)

Short link juga disebut sebagai *shear link* dikarenakan gaya geser yang mendominasi pelelehan pada balok *link* dengan nilai $\rho \leq 1.6$. Penelitian yang dilakukan oleh Musmar (2012) menunjukkan bahwa sistem EBF dengan pelelehan geser (*shear link*) lebih stabil dan menunjukkan daktilitas yang lebih dibandingkan *link* yang mengalami pelelehan lentur. Hal ini disebabkan gaya geser internal yang terjadi konstan sepanjang *link* dan pelelehan pada bagian web berlangsung sepanjang bidang web dari *link*.

b. *Intermediate Link* (*link* menengah)

Pelelehan yang terjadi pada balok *link* disebabkan dari kombinasi gaya geser dan lentur sehingga disebut juga sebagai *flexural-shear link* dengan nilai ρ adalah sebesar $1.6 < \rho \leq 2.6$. Dengan asumsi momen pada *link* terdistribusi merata diantara ujung *link*, perilaku *link* ini yang meliputi:

- Pelelehan lentur terjadi di bagian *flange* dari *link* pada kedua ujungnya.
- Pelelehan lentur terjadi di bagian atas dari *flange* pada panel jepit
- Pelelehan geser terjadi pada bagian *web* dari *link*
- Tekuk lokal terjadi pada bagian *flange* dari *link*

Selain tekuk lokal pada *flange*, perilaku *link* bergantung pada kelangsingan dari *flange*. Pemberian batasan kelangsingan dapat mencegah kegagalan lokal (*local failure*) yang menyebabkan degradasi kekuatan yang cepat pada beban siklik lanjutan (Engelhardt dan Popov, 1992).

c. *Long Link* (*link* panjang)

Long link juga disebut sebagai *flexural link* dikarenakan pelelehan yang terjadi pada balok i didominasi oleh lentur dengan nilai $\rho > 2.6$. Analisa numerik yang dilakukan oleh Hashemi (2011) terhadap rangka EBF dengan kriteria *long link* menunjukkan bahwa pelelehan pada balok *link* disebabkan karena gaya lentur. Penyerapan energi pada bagian *flange* lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi *shear link* dikarenakan terjadinya *premature buckling* pada bagian *flange* dari balok

link. Untuk mengurangi hal ini maka dapat dikontrol penempatan *stiffeners* pada balok *link* walaupun tidak terlalu efisien karena adanya pengaruh torsi.

2.3 Sistem Struktur Beton Bertulang

2.3.1 Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (*SNI 03-2847-2013*).

2.3.2 Pengertian dan Definisi Beton Bertulang

Beton bertulang adalah gabungan antara beton dan tulangan baja. Beton merupakan campuran antara semen, pasir, kerikil, dan air yang setelah mengeras membentuk massa padat. Sedangkan beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan tertentu untuk mendapatkan penampang yang berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

2.3.2 Pelat Beton Bertulang

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang atau lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung pelat ini berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada

dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur, oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur. Adapun beberapa penggunaan tumpuan dalam pemasangan pelat beton bertulang diantaranya yaitu:

- Monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
- Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
- Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
- Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.

2.4 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja

2.4.1 Analisis Kapasitas Penampang

1. Momen Lentur Nominal

Berdasarkan desain LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) setiap komponen struktur yang memiliki momen lentur dengan pengaruh tekuk lateral, sesuai dengan ketentuan teknik manual program bantu komputer harus memenuhi persyaratan:

$$\Phi_b \cdot M_n \geq M_u \quad (2.2)$$

Dengan :

Φ_b adalah faktor reduksi untuk lentur = 0,90

M_n adalah kuat nominal momen lentur dari penampang

M_u adalah beban momen lentur terfaktor

a. Batasan Momen

Dengan factor pengali momen, C_b ditentukan oleh persamaan:

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5M_{max}+3M_a+4M_b+3M_c} \quad (2.3)$$

Dengan :

M_{max} adalah momen maksimum pada bentang yang ditinjau

M_a adalah momen pada $\frac{1}{4}$ bentang tak terkekang

M_b adalah momen pada $\frac{1}{2}$ bentang tak terkekang

M_c adalah momen pada $\frac{3}{4}$ bentang tak terkekang

b. Bentang Pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = M_p \quad (2.4)$$

c. Bentang Menengah

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \quad (2.5)$$

d. Bentang Panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r \leq L$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah :

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (2.6)$$

Adapun nilai L_p dan L_r ditentukan berdasarkan rumus:

$$L_p = \frac{790}{\sqrt{f_y}} \cdot r_y \quad (2.7)$$

$$L_r = r_y \cdot \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2(f_y - f_r)^2}} \quad (2.8)$$

Dimana

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E.G.J.A}{2}} \quad (2.9)$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{S_x}{G.J} \right)^2 \frac{C_w}{I_y} \quad (2.10)$$

Dengan:

- r_y adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah, mm
- f_y adalah tegangan leleh material, MPa
- f_r adalah tegangan residu (70 MPa untuk penampang dirol & 115 untuk penampang dilas)
- S_x adalah modulus penampang E adalah modulus elastisitas G adalah modulus geser
- J adalah konstanta torsi
- C_w adalah konstanta torsi terpilin
- I_y adalah momen inersia satu flens terhadap sumbu y

2. Kelangsingan Penampang

Berdasarkan desain LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) penampang profil harus memenuhi persyaratan di bawah ini:

Penampang sayap profil (flens)

- 1) Penampang sayap profil (*flens*)

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_{(p,r)} \quad (2.11)$$

- 2) Penampang badan profil (*web*)

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{(p,r)} \quad (2.12)$$

Nilai $\lambda_{(p,r)}$ dapat dilihat pada tabel B4.1b SNI 03-1729-2015.

3. Kuat Geser Rencana

Berdasarkan desai LRFD (*Load and Resintance Factor Design*) pelat badan yang memikul gaya geser perlu (V_u) harus memenuhi persyaratan berikut sesuai dengan ketentuan teknik manual program bantu komputer

$$V_u \leq \Phi V_n \quad (2.13)$$

Dengan:

V_u adalah gaya geser perlu

V_n adalah kuat geser nominal plat badan = $0,6 \cdot f_y \cdot A_w$ (2.14)

Φ adalah faktor reduksi

4. Tahanan Tekan Nominal

Berdasarkan desain LRFD (*Load and Resistance Faktor Design*) suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor N_u , menurut SNI 03-1729-2002, pasal 9.1 dan berdasarkan teknik manual program bantu komputer harus memenuhi:

$$N_u < \Phi_c \cdot N_n \quad (2.15)$$

Dengan: $\Phi_c = 0,85$

N_u = beban terfaktor

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur = $A_g \cdot f_{cr}$

Tegangan kritis untuk daerah elastik, dituliskan sebagai:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.16)$$

Dengan:

$$\lambda = \frac{kl(x,y)}{r(x,y)} \quad (2.17)$$

Dimana:

λ = Parameter kelangsingan

k = faktor panjang tekuk

$r(x,y)$ = jari- jari girasi komponen struktur

$l(x,y)$ = panjang komponen struktur tekan arah x dan y

Dengan besarnya ω ditentukan oleh λ_c , yaitu:

$$\text{Untuk } \lambda_c < 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1 \quad (2.18)$$

$$\text{Untuk } 0,25 \lambda_c < 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6-0,67 \lambda_c} \quad (2.19)$$

$$\text{Untuk } \lambda_c > 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad (2.20)$$

Daya dukung nominal N_n struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} \quad (2.21)$$

2.4.2 Balok – Kolom

Dalam perencanaan komponen struktur balok-kolom, diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2 \quad \text{maka } \frac{N_u}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.22)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} > 0,2 \quad \text{maka } \frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (2.23)$$

Dengan,

N_u = gaya tekan aksial terfaktor, N.

ϕN_n = kuat nominal penampang, N.

ϕ = faktor reduksi tahanan tekan (0,85).

M_{ux}, M_{uy} = momen lentur terfaktor sumbu x, sumbu y.

M_{nx}, M_{ny} = momen nominal untuk lentur sumbu x, sumbu y.

ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur = 0,9.

a. Pembesaran Momen untuk Komponen Struktur Tak Bergoyang

Untuk suatu komponen struktur tak bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai berikut:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \quad (2.24)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{cr}}\right)} \geq 1,0 \quad (2.25)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E A_g}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2} \quad (2.26)$$

Dengan,

M_{ntu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan.

δ_b = faktor pembesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang.

N_u = gaya tekan aksial terfaktor.

N_{cr} = gaya tekan menurut Euler dengan kL/r terhadap sumbu lentur dan $k \leq 1,0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang).

Nilai C_m ditentukan sebagai berikut:

- 1) Untuk komponen struktur tak bergoyang dengan beban transversal di antara kedua tumpuannya, maka besar C_m dapat ditentukan berdasarkan analisis rasional sebagai berikut:

$C_m = 1,0$, untuk komponen struktur dengan ujung sederhana.

$C_m = 0,85$, untuk komponen struktur dengan ujung kaku.

- 2) Sedangkan untuk komponen struktur tak bergoyang dengan beban transversal di antara kedua tumpuannya, namun mempunyai momen ujung M_1 dan M_2 ($M_1 < M_2$) maka C_m akan mengkonversikan momen lentur yang bervariasi secara linear menjadi momen lentur seragam

$$M_E = C_m \cdot M_2 \quad (2.27)$$

$$C_m = C_m - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2}\right) \quad (2.28)$$

Rasio $\frac{M_1}{M_2}$ bernilai negative untuk kelengkungan tunggal dan bernilai positif untuk kelengkungan ganda.

b. Pembesaran Momen untuk Komponen Struktur Bergoyang

Untuk suatu komponen struktur bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai berikut:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_b \cdot M_{ltu} \quad (2.29)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \sum N_u \left(\frac{\Delta_{oh}}{H.L} \right)} \quad (2.30)$$

Atau,

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{cr}}} \quad (2.31)$$

Dengan,

M_{ltu} = momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban beban yang dapat menimbulkan goyangan.

$\sum N_u$ = jumlah gaya aksial tekan terfaktor akibat beban gravitasi untuk seluruh kolom pada satu tingkat yang ditinjau.

N_{cr} = gaya tekan menurut Euler dengan kL/r terhadap sumbu lentur dan $k \geq 1,0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang).

Δ_{oh} = simpangan antar lantai pada tingkat yang sedang ditinjau.

L = tinggi tingkat.

2.4.3 Komponen Struktur Komposit

Dalam struktur komposit, konsep lebar efektif slab dapat diterapkan sehingga akan memudahkan perencanaan. Spesifikasi AISC/LRFD telah menetapkan lebar efektif untuk slab beton yang bekerja secara komposit dengan balok baja, sebagai berikut:

1. Untuk gelagar luar (tepi).

$$b_{eff} \leq L/8 \quad \text{dengan } L = \text{Panjang bentang.}$$

$$b_{eff} \leq L/2 + b' \quad \text{dengan } b' = \text{jarak dari as balok ke tepi slab.}$$

2. Untuk gelagar dalam.

$$b_{eff} \leq L/4 \quad \text{dengan } L = \text{Panjang bentang.}$$

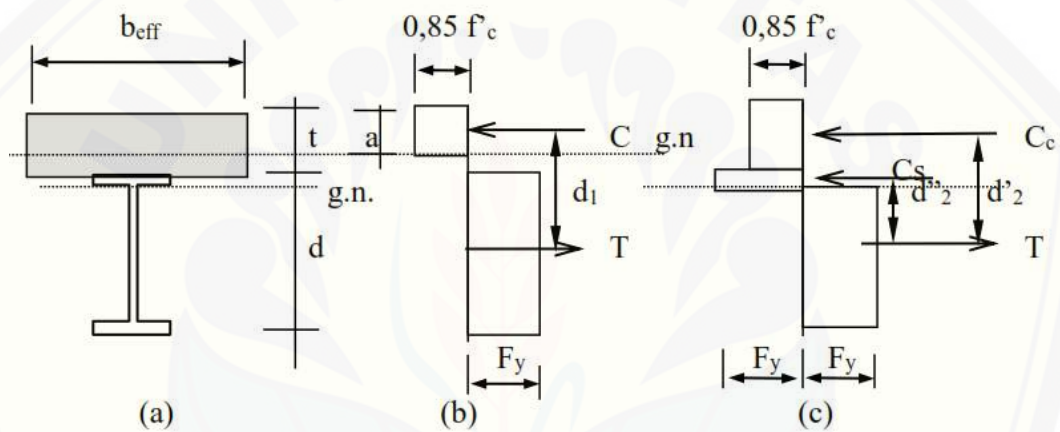
$$b_{\text{eff}} \leq (L_1 + L_2)/2$$

L_1 = jarak antar as balok.

Lebar efektif yang dipakai dipilih yang terkecil.

Kekuatan batas penampang komposit bergantung pada kekuatan leleh dan sifat penampang balok baja, kekuatan pelat beton dan kapasitas interaksi alat penyambung geser yang menghubungkan balok dengan pelat.

Kekuatan batas yang dinyatakan dalam kapasitas momen batas memberi pengertian yang lebih jelas tentang kelakuan komposit dan juga ukuran faktor keamanan yang tepat. Faktor keamanan yang sebenarnya adalah rasio kapasitas momen batas dengan momen yang sesungguhnya bekerja.



Gambar 2.5 Distribusi tegangan pada kapasitas momen ultimit

Sumber: Ir. As'at Pujianto, M.T (2011)

Untuk menentukan besarnya kekuatan batas beton dianggap hanya menerima tegangan desak, walaupun sesungguhnya beton dapat menahan tegangan tarik yang terbatas.

Prosedur untuk menentukan besarnya kapasitas momen ultimit, tergantung apakah garis netral yang terjadi jatuh pada pelat beton atau jatuh pada gelagar bajanya. Jika jatuh pada pelat dikatakan bahwa pelat cukup untuk mendukung seluruh gaya desak, dan apabila garis netral jatuh pada gelagar baja dikatakan pelat tidak cukup mendukung beban desak, atau dengan kata lain bahwa pelat hanya menahan sebagian dari seluruh gaya desak dan sisanya didukung oleh gelagar baja.

1. Garis netral jatuh di irisan pelta (Gambar 2.5.b).

$$\text{Harga gaya tekan batas: } C = 0,85 f'c \cdot beff \cdot a \quad (2.32)$$

$$\text{Harga gaya tarik batas: } T = A_s \cdot F_y \quad (2.33)$$

Dengan menyamakan antara harga C dan T maka didapat harga a, yaitu sebesar:

$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 \cdot f'c \cdot beff} < t \quad (2.34)$$

$$d_1 = d/2 + t - a/2 \quad (2.35)$$

Dengan demikian didapat kapasitas Momen Batas $M_u = C \cdot d_1 = T \cdot d_1$

dengan: C = gaya tekan pada balok baja. 15

$f'c$ = tegangan ijin tekan beton

$beff$ = lebar efektif plat.

t = tebal plat.

2. Garis netral jatuh di irisan baja (Gambar 2.5.c).

Jika tinggi blok tegangan a yang diperoleh melampaui tebal plat (t) distribusi tegangan akan seperti Gambar 3.c, dengan demikian didapat gaya tekan batas pada plat beton sebesar:

$$C_c = 0,85 f'c beff t \quad (2.36)$$

dengan, C_c = gaya tekan pada balok baja.

$f'c$ = tegangan ijin tekan beton

$beff$ = lebar efektif plat.

t = tebal plat.

Gaya tekan pada balok baja diatas garis netral sebesar $C_s = A_s \cdot F_y$, dengan demikian berdasarkan prinsip kesetimbangan didapat gaya tarik batas T' sebesar :

$$C' = C_c + C_s \quad (2.37)$$

dan juga $T' = A_s \cdot F_y - C_s \quad (2.38)$

Jika C' besarnya sama dengan T' maka didapat:

$$C_c + C_s = A_s \cdot F_y - C_s \quad (2.39)$$

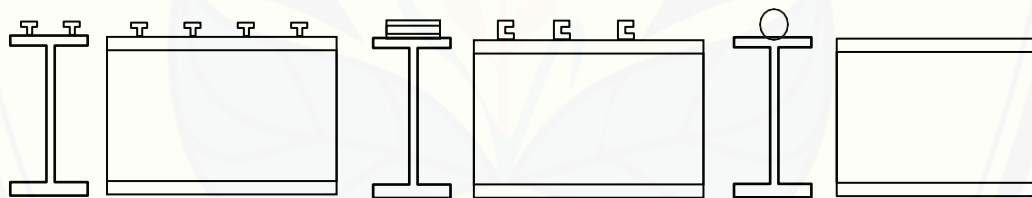
maka
$$C_s = \frac{A_s F_y - C_c}{2} \quad (2.40)$$

dan
$$C_s = \frac{A_s F_y - 0,85 f'_c b_{eff} \cdot t}{2} \quad (2.41)$$

Dengan menyertakan gaya tekan C_c dan C_s kapasitas batas M_u pada kasus ini dapat ditentukan yaitu sebesar:

$$M_u = C_c \cdot d'^2 + C_s \cdot d''^2 \quad (2.42)$$

Gaya geser horisontal yang timbul antara pelat beton dan balok baja selama pembebanan harus ditahan agar penampang komposit bekerja secara monolit, atau dengan kata lain agar terjadi interaksi antara pelat beton dan balok baja. Untuk menjamin adanya lekatan antara beton dan balok baja maka harus dipasang alat penyambung geser mekanis (shear Connector) diatas balok yang berhubungan dengan pelat beton. Disamping itu fungsi dari pada shear Connector adalah untuk menahan / menghindari terangkatnya pelat beton sewaktu dibebani.



a. Stud connector

b. Channal connector

c. Spiral conector

Gambar 2.6 Macam-macam *Shear Connector* dan bentuknya

Sumber: Ir. As'at Pujianto, M.T (2011)

Dalam merencanakan alat sambung geser dapat dilaksanakan berdasarkan:

1. Kuat desak beton:
$$C_{max} = 0,85 f'_c \cdot b_{eff} \cdot t_s \quad (2.43)$$

2. Kuat tarik baja:
$$T_{max} = A_s F_y \quad (2.44)$$

dipilih yang terbesar sehingga menghasilkan jumlah alat sambung geser yang lebih banyak. Banyaknya alat sambung geser yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus:

$$N = \frac{C_{max}}{Q_n} = \frac{T_{max}}{Q_n} \quad (2.45)$$

dengan Q_n adalah kekuatan satu alat sambung geser.

Macam-macam shear Connector yang ada dipasaran sampai dengan saat ini sangat banyak macam dan bentuknya, diantaranya adalah:

1. Connector dari 'Stud' baja berkepala (Gambar 2.6.a).

$$Q_n = 0,5A_{sc}\sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc}F_{bu} \quad (2.46)$$

dengan, Q_n = Kekuatan satu stud F_{bu} = Kuat tarik stud

A_{sc} = Luas penampang stud f'_c = Kuat tekan beton

E_c = Modulus Elastis Beton

2. Connector berbentuk 'Cannal' (Gambar 2.6.b).

$$Q_n = 0,3(t_r + 0,5t_w)L_c\sqrt{f'_c \cdot E_c} \quad (2.47)$$

dengan, Q_n = Kekuatan satu stud F_{bu} = Kuat tarik stud

L_c = Panjang kanal f'_c = Kuat tekan beton

t_f = Tebal flen kanal E_c = Modulus Elastis Beton

t_w = Tebal badan kanal, inci.

3. Connector berbentuk 'Spiral' (Gambar 2.6.c).

2.5 Tata Cara Perencanaan Gedung Tahan Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal struktur bangunan gedung. Kecukupan sistem struktur harus ditunjukkan melalui pembentukan model matematik dan pengevaluasian model tersebut untuk pengaruh gerak tanah desain. Gaya gempa

desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan. Prosedur alternatif yang disetujui tidak boleh dipakai untuk menentukan gaya gempa dan distribusinya kecuali bila gaya-gaya dalam dan deformasi yang terkait pada komponen/elemen strukturnya ditentukan menggunakan model yang konsisten dengan prosedur yang diadopsi.

2.5.1 Pembebanan

Setiap bangunan yang dibangun harus dikerjakan beban sesuai dengan ketentuan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain **SNI 03-1727-2013**. Pembebanan struktur dibagi menjadi 2 tipe yaitu berupa gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi meliputi beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban lateral adalah beban akibat gaya gempa dan angin.

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung harus diambil menurut SNI 03-1727-2013

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatannya yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut SNI 03-1727-2013

c. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meneruskan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung

ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Secara umum analisis struktur terhadap beban gempa dibagi menjadi dua macam, yaitu:

1. Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik.
2. Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2, yaitu:
 - Analisis ragam respon spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.
 - Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respon (*Respon Spektrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respon maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari spektrum Respon Rencana (*Design Spectra*). Pada analisis dinamis elastis didapatkan untuk mendapatkan respon struktur akibat pengaruh gempa yang sangat

kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena lebih sederhana.

Analisis dinamik adalah untuk menentukan pembagian gaya geser tingkat akibat gerakan tanah oleh gempa dan dapat dilakukan dengan cara analisis ragam spektrum respon. Pembagian gaya geser tingkat tersebut adalah untuk menggantikan pembagian beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung pada analisis beban statik ekuivalen. Pada analisis ragam spektrum respon, sebagai spektrum percepatan respon gempa rencana harus dipakai diagram koefisien gempa dasar (C) untuk wilayah masing-masing gempa. Nilai C tersebut tidak berdimensi sehingga respon masing-masing ragam merupakan respon relatif.

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh standar ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI 1726-2012 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

- Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain (S_a) harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,5 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.48)$$

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

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.49)$$

Dimana:

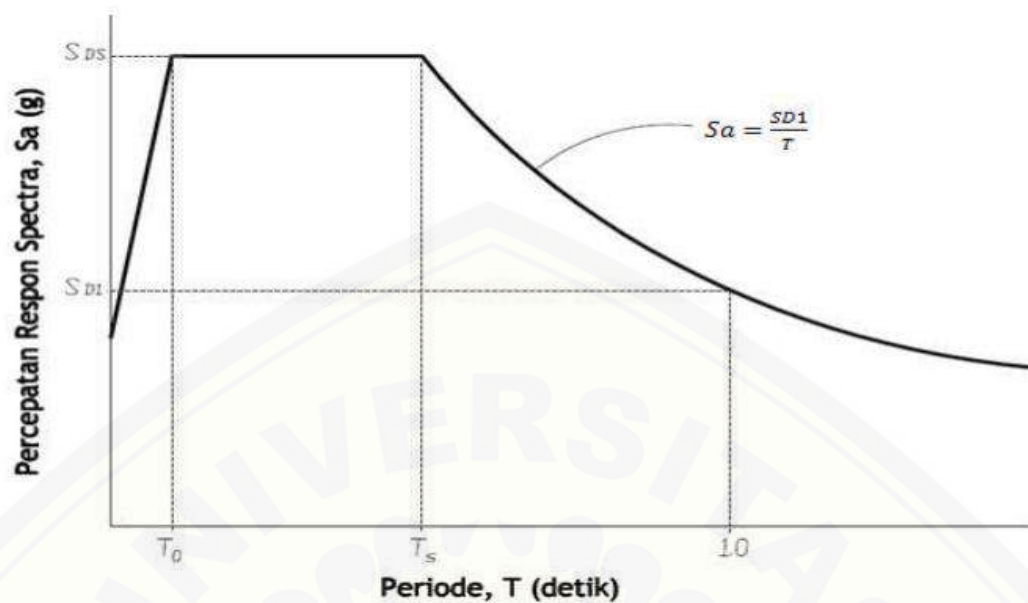
S_{DS} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T : perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.50)$$

$$T_s = \frac{S_1}{S_{DS}} \quad (2.51)$$



Gambar 2.7 Desain respon spektrum

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.5.2 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai dengan teknik manual program bantu komputer sebagai berikut:

1. 1.4 D
2. 1.2 D + 1.6 L
3. 1.2 D + 1.6 (L_r atau R) + (L atau 0.5W)
4. 1.2 D + 1.3W + L + 0.5 (L_r atau R)
5. 1.2 D + 1.0 E + 0.5 L
6. 0.9 D + 1.3 W
7. 0.9 D + 1.0 E

Keterangan:

- D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap
- L adalah beban hidup yang ditimbulkna oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain
- Lr adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
- H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air
- W adalah beban angin
- E adalah beban gempa

2.5.3 Gempa Rencana, Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Adapun kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dapat dilihat pada Tabel 1 SNI 03-1726-2012, dan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) dapat dilihat di Tabel 2 SNI 03-1726-2012.

2.5.4 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W \quad (2.52)$$

Dimana:

C_s : koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.1.1

W : berat seismik efektif menurut SNI 1726-2012 pasal 7.7.2

Koefisien respons seismik (C_s) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.53)$$

Dimana:

S_{DS} : parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan pada SNI 1726-2012 pasal 6.3 atau 6.9

R : faktor modifikasi respons berdasarkan SNI 1726-2012 tabel 9

I_e : faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2

Nilai C_s tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,044.S_{DS}.I_e \geq 0,01 \quad (2.54)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g maka C_s tidak boleh kurang dari

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.55)$$

Dimana I_e dan R sebagaimana yang didefinisikan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, dan

S_{D1} : parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1,0 detik, seperti ditentukan pada SNI 1726-2012 pasal 6.10.4

T : periode struktur dasar (detik) yang ditentukan pada SNI 1726-2012 pasal 7.8.2

S_1 : parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.10.4

Untuk struktur beraturan dengan ketinggian lima tingkat atau kurang dan mempunyai perioda (T) sebesar 0,5 detik atau kurang, C_s diijinkan dihitung menggunakan nilai sebesar 1,5 untuk S_s .

2.5.5 Perioda alami fundamental struktur

Perioda struktur fundamental (T) struktur dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari SNI 03-1726-2012 Tabel 14 dan perioda fundamental pendekatan (T_a). Sebagai alternative pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental (T), diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan (T_a) yang dihitung sesuai dengan ketentuan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1.

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.56)$$

h_n : ketinggian struktur diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

C_t dan x : ditentukan dari SNI 1726-2012 Tabel 15.

Untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m diijinkan menggunakan perioda fundamental pendekatan (T_a) sebagai berikut:

$$T_a = 0,1 N \quad (2.57)$$

Dimana, N = jumlah tingkat.

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik untuk struktur dinding geser batu bata atau beton diijinkan untuk ditentukan dari persamaan berikut.

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{c_w}} h_n \quad (2.58)$$

Nilai C_w dihitung dari persamaan berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0,83 \frac{h_i^2}{D_i}} \right] \quad (2.59)$$

Dimana:

A_B : luas dasar struktur dalam m²

A_i : luas badan dinding geser “i” dalam m²

D_i : panjang dinding geser “i” dalam m

H_i : tinggi dinding geser “i” dalam m

x : jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

Gaya gempa lateral F_x (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.60)$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=x}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (2.61)$$

Dimana:

C_{vx} : faktor distribusi vertikal

V : gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i and w_x : bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i and h_x : tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

k : eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

untuk struktur dengan $0,5 \leq T \leq 2,5$ detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat V_x (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.62)$$

Dimana:

F_i : bagian geser dasar seismik V yang timbul di tingkat i (kN).

Geser tingkat desain gempa V_x (kN) harus didistribusikan pada berbagai lemen vertikal sistem penahan gaya seismik di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma.

2.6 Kinerja Struktur

2.6.1 Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil.

2.6.2 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan

struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ξ .

a. Untuk struktur gedung beraturan:

$$\xi = 0,7 R \quad (2.63)$$

b. Untuk struktur gedung tidak beraturan:

$$\xi = \frac{0,7R}{\text{Faktor Skala}} \quad (2.64)$$

dengan R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut.

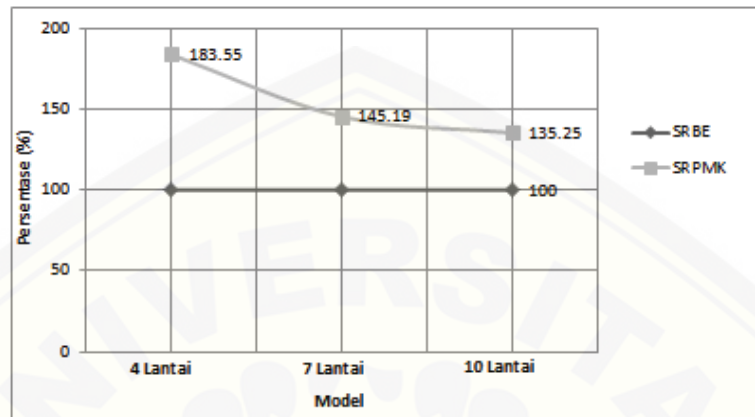
Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersan

2.7 Penelitian Terdahulu

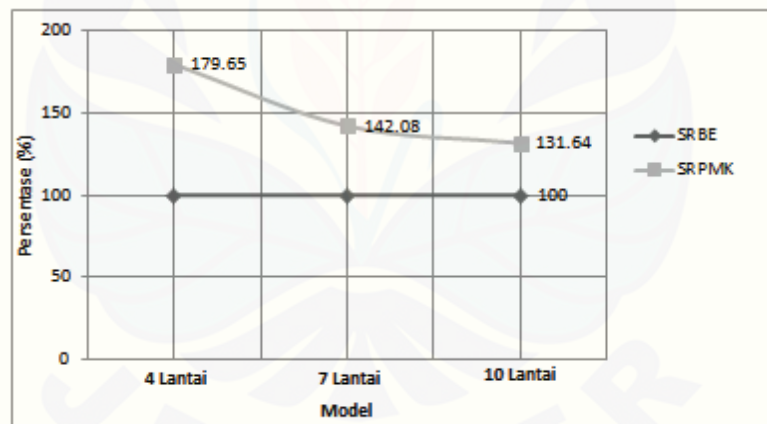
Adapun beberapa penelitian mengenai bresing telah dilakukan oleh beberapa peneliti, tentu penelitian tersebut sangat membantu dalam melakukan penelitian ini. Adapun penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian yang telah dilakukan oleh Ketut Sudarsana dkk, (2015). Peneliti tersebut menganalisis perbandingan efisiensi struktur baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (MRF) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (EBF) pada level kinerja yang sama yaitu life safety. Bangunan yang ditinjau dianggap berada pada wilayah dengan kategori desain seismik (KSD) D, dimana kategori desain jenis ini dijelaskan dalam SNI 03-1726-2012 pasal 7.5.4 dengan fungsi sebagai perkantoran. Hasil analisis menunjukkan bahwa MRF memiliki nilai berat total material baja yang lebih besar dari EBF pada level kinerja life safety. Pada struktur 4, 7, dan 10 tingkat, MRF akan lebih berat berturut-turut sebesar 29,70%, 26,42%, dan 19,68% dibandingkan dengan EBF. Semakin tinggi tingkat gedung, perbedaan berat struktur semakin berkurang. Disamping itu, MRF juga memiliki nilai target perpindahan dan gaya geser seismik yang lebih besar dari EBF baik pada arah sumbu X maupun Y pada saat dicapainya level kinerja life safety. Adapun hasil grafik perbandingan target perpindahan

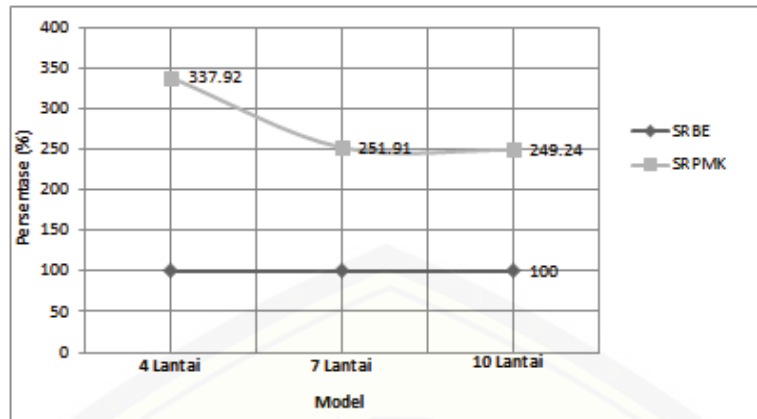
terhadap variasi tingkat dalam Arah X dan Y serta grafik perbandingan gaya geser seismic terhadap variasi tingkat dalam Arah X dan Y dari penelitian tersebut seperti pada gambar di bawah ini,



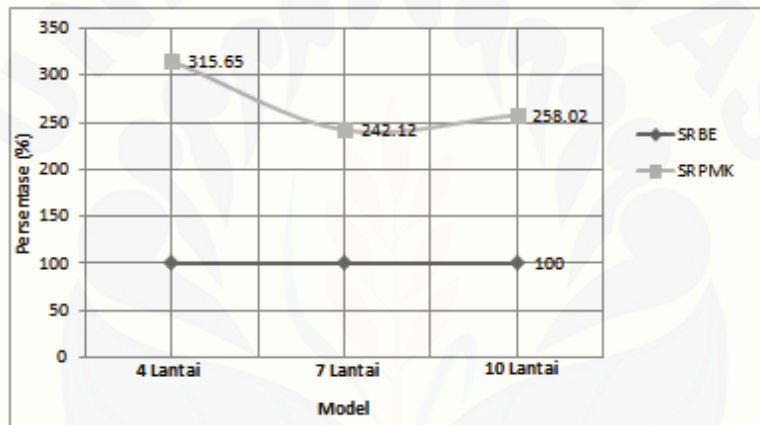
Gambar 2.8 Perbandingan target perpindahan terhadap variasi tingkat dalam Arah X
Sumber : (Ketut Sudarsana dkk, 2015)



Gambar 2.9 Perbandingan target perpindahan terhadap variasi tingkat dalam Arah Y
Sumber : (Ketut Sudarsana dkk, 2015)



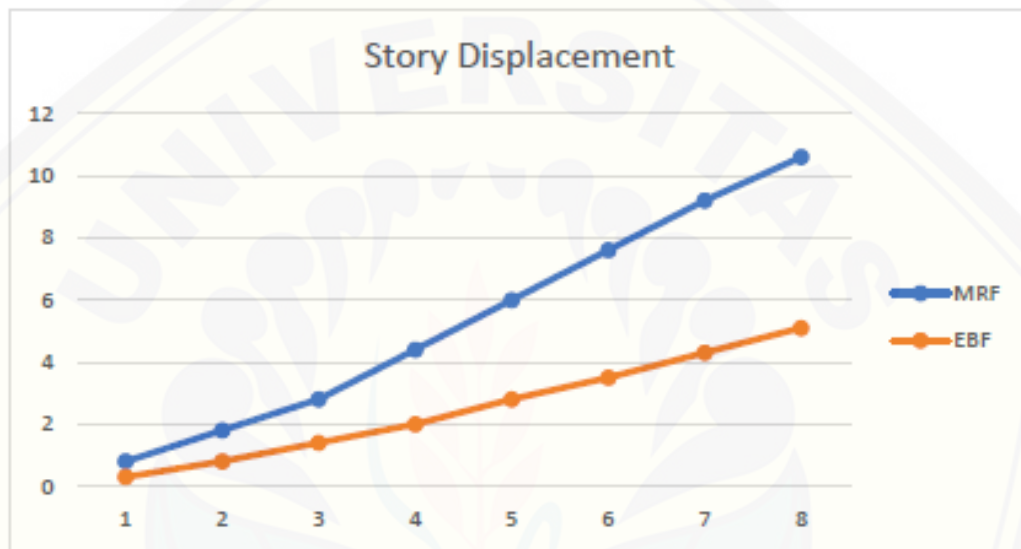
Gambar 2.10 Perbandingan gaya geserseismik terhadap variasi tingkat dalam Arah X
Sumber : (Ketut Sudarsana dkk, 2015)



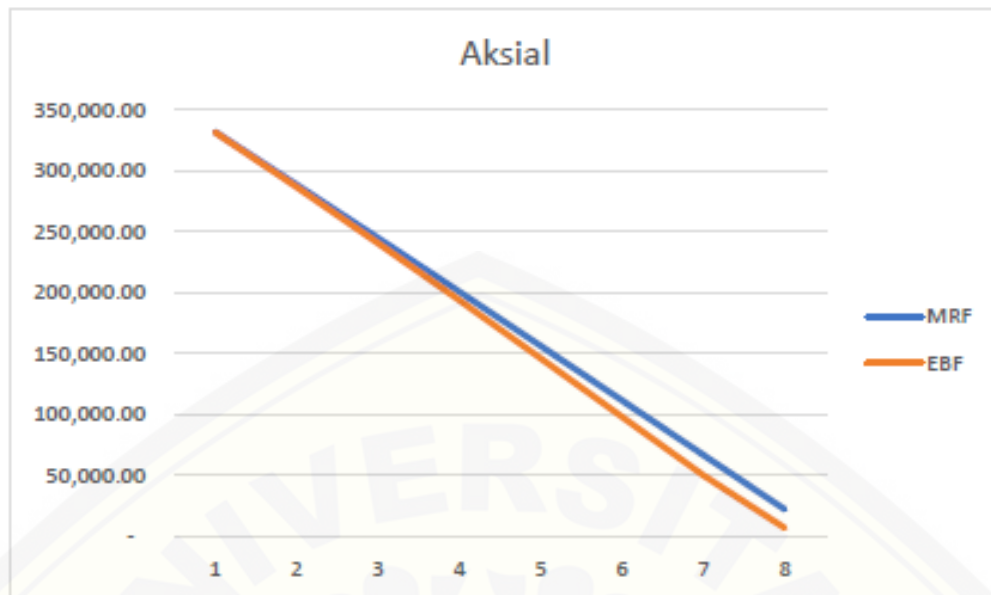
Gambar 2.11 Perbandingan gaya geserseismik terhadap variasi tingkat dalam Arah Y
Sumber : (Ketut Sudarsana dkk, 2015)

- 2) Penelitian yang telah dilakukan oleh Khusniatul Aini, (2017). Peneliti tersebut menganalisis perbandingan dari MRF dan EBF apabila diaplikasikan pada gedung CDAST 8 lantai yang memiliki tinggi 32 m. Gedung CDAST adalah gedung baru di Universitas Jember yang difungsikan sebagai gedung perkuliahan dan laboratorium. Adapun efektivitas yang dibandingkan disini adalah nilai *story displacement* dan gaya dalam (momen, gaya geser, dan gaya aksial) yang terjadi. Hasil analisa dengan bantuan program analisa struktur menunjukkan bahwa EBF memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan MRF dalam menerima beban yang bekerja. Dari segi *story displacement*, selisih

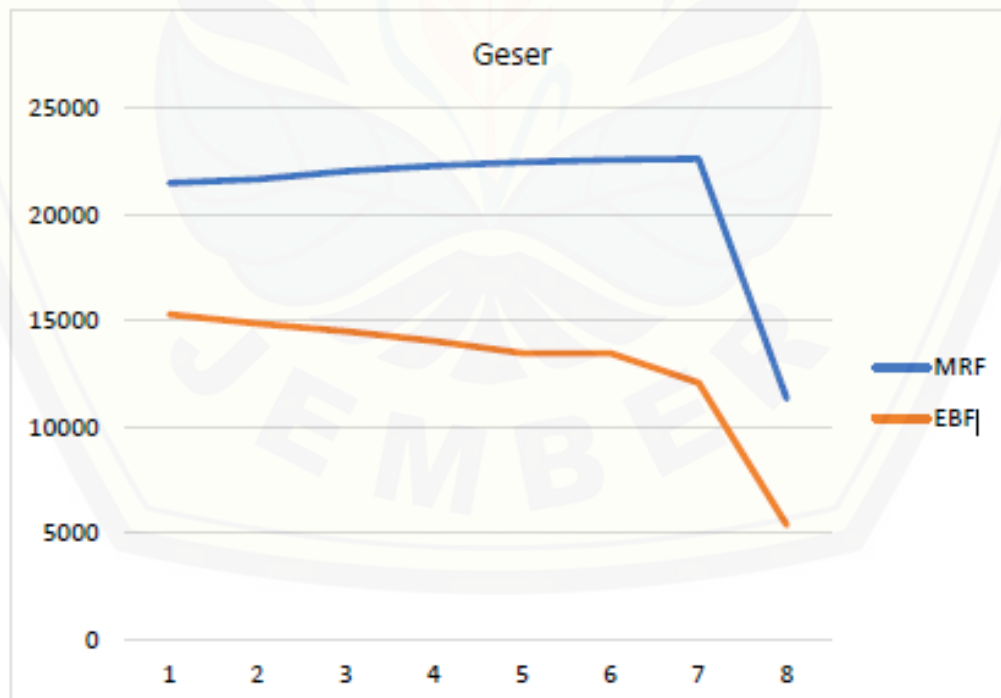
prosentasenya adalah 53,24% sedangkan untuk gaya dalam yang meliputi momen, gaya geser, dan gaya aksial, selisihnya secara berturut-turut adalah 61,01%, 38,07%, dan 4,89%. Hal ini menunjukkan bahwa EBF lebih efektif jika dibandingkan dengan MRF. Adapun hasil grafik dari perbandingan story displacement, gaya aksial, gaya geser dan gaya momen pada balok MRF dan EBF dari penelitian tersebut seperti gambar di bawah ini,



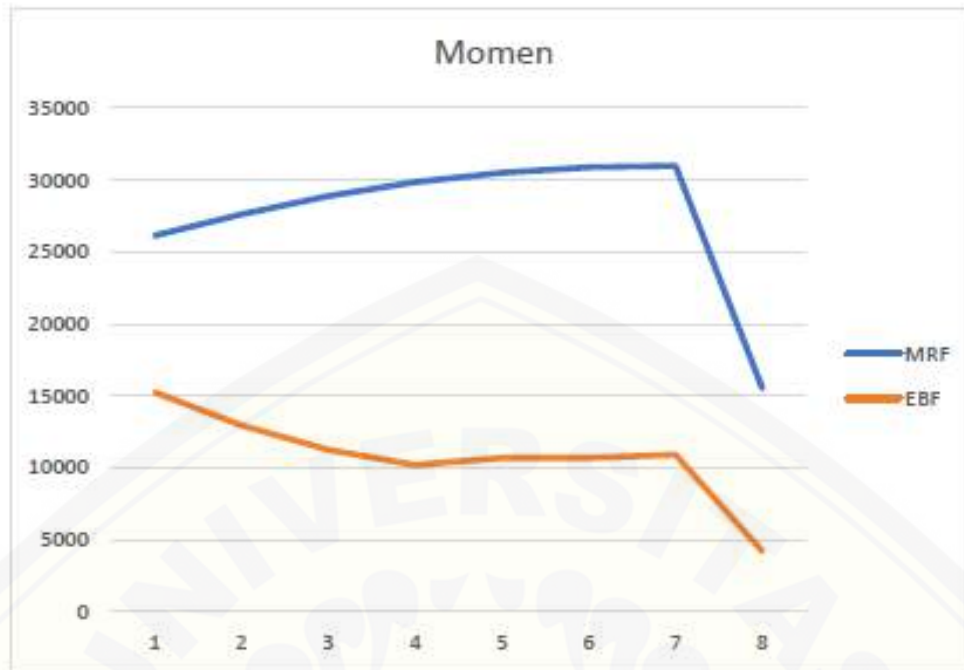
Gambar 2.12 Nilai story displacement MRF dan EBF
Sumber : (Khusniatul Aini, 2017)



Gambar 2.13 Perbandingan Gaya Aksial pada Kolom MRF dan EBF
Sumber : (Khusniatul Aini, 2017)



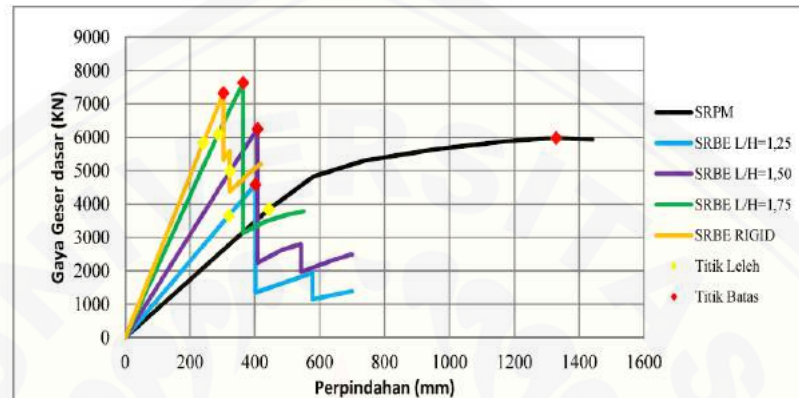
Gambar 2.14 Perbandingan Gaya Geser pada Balok MRF dan EBF
Sumber : (Khusniatul Aini, 2017)



Gambar 2.15 Perbandingan Gaya Momen pada Balok MRF dan EBF
Sumber : (Khusniatul Aini, 2017)

- 3) Penelitian yang telah dilakukan oleh A.A. Ngurah Agung Angga Pradhana dkk, (2016). Peneliti tersebut menganalisis tentang perilaku dan kinerja struktur rangka bresing eksentris (SRBE) V-terbalik dengan L/H bervariasi dilakukan dengan memodel struktur gedung 10 lantai dalam SAP2000. Model dibuat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan sambungan kaku, model SRBE dengan L/H bervariasi dari 1,25, 1,50, dan 1,75 dengan sambungan sederhana, dan model SRBE dengan sambungan kaku. Kelima model struktur dibebani dan dirancang berdasarkan pedoman perencanaan SNI Baja 03-1729-2002. Setelah model struktur memenuhi ketentuan SNI terhadap kekakuan dan kekuatan, kemudian dilakukan analisis pushover untuk mendapatkan kinerja dari model struktur. Perhatian khusus ditujukan pada SRBE untuk mengetahui pengaruh variasi L/H terhadap perilaku dan kinerja struktur. Dari penelitian ini didapatkan struktur SRBE L/H=1,75 memiliki kekakuan dan gaya geser dasar maksimal yang paling besar dibandingkan dengan struktur lainnya. Hal tersebut menunjukkan peningkatan L/H pada SRBE tipe V-terbalik, terbukti dapat meningkatkan kekakuan struktur, namun dilihat dari mekanisme terjadinya sendi plastis, SRBE L/H=1,75 tidak menunjukkan mekanisme keruntuhan yang baik,

karena terjadi sendi plastis pada kolom lantai dasar bagian atas. SRBE L/H=1,75 juga memiliki berat total struktur 11,34% lebih besar dibandingkan SRPM, sehingga menjadi kekurangan struktur tersebut. Penggunaan sambungan kaku pada struktur dapat meningkatkan kekakuan struktur, namun peningkatan kekakuan struktur tidak signifikan. Adapun kurva pushover dari penelitian tersebut seperti gambar di bawah ini,

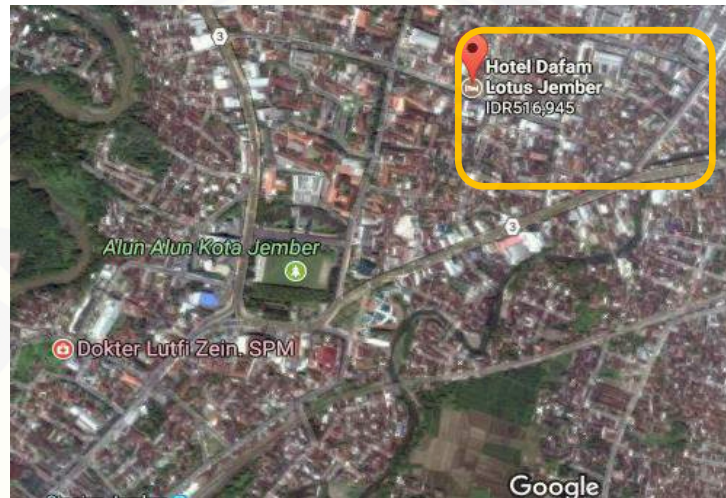


Gambar 2.16 Kurva Pushover kelima model struktur
Sumber : (A.A. Ngurah Agung Angga Pradhana dkk, 2016)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Kajian

Lokasi dalam penyusunan tugas akhir ini adalah bangunan Hotel Dafam Lotus Jember yang berlokasi pada Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember, lebih tepatnya bangunan ini berada di Jl. Gatot Subroto no. 47, Jember.



Gambar 3.1 Lokasi Struktur Bangunan Hotel Dafam Lotus Jember

Spesifikasi bangunan Hotel Dafam Lotus Jember yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, meliputi:

- a) Fungsi Bangunan : Hotel
- b) Luas Bangunan : 804 m²
- c) Jumlah Lantai : 10 Lantai
- d) Tinggi Lantai,
 - Semi Basement : 3.5 m
 - Ground Floor : 4.25 m
 - Lt. Mezanine : 3.75 m
 - Lt. 2-6 : 3.10 m
 - Lt. 7 : 3.5 m
 - Lt. 8 : 3.10 m
- e) Jenis Bangunan : Beton Bertulang

- f) Mutu Beton : 24,9 Mpa
- g) Mutu Baja : 370 Mpa



Gambar 3.2 Hotel Dafam Lotus Jember

3.2 Waktu Kajian

Pengerjaan Tugas Akhir ini dengan menggunakan metode analisa permodelan SAP dilaksanakan pada bulan Desember-April 2017

3.3 Refrensi

a. Peraturan yang digunakan pada Tugas Akhir :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung **SNI 03-1726-2012**.
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung **SNI 1729-2015**.
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain **SNI 1727-2013**.

b. Literatur terkait :

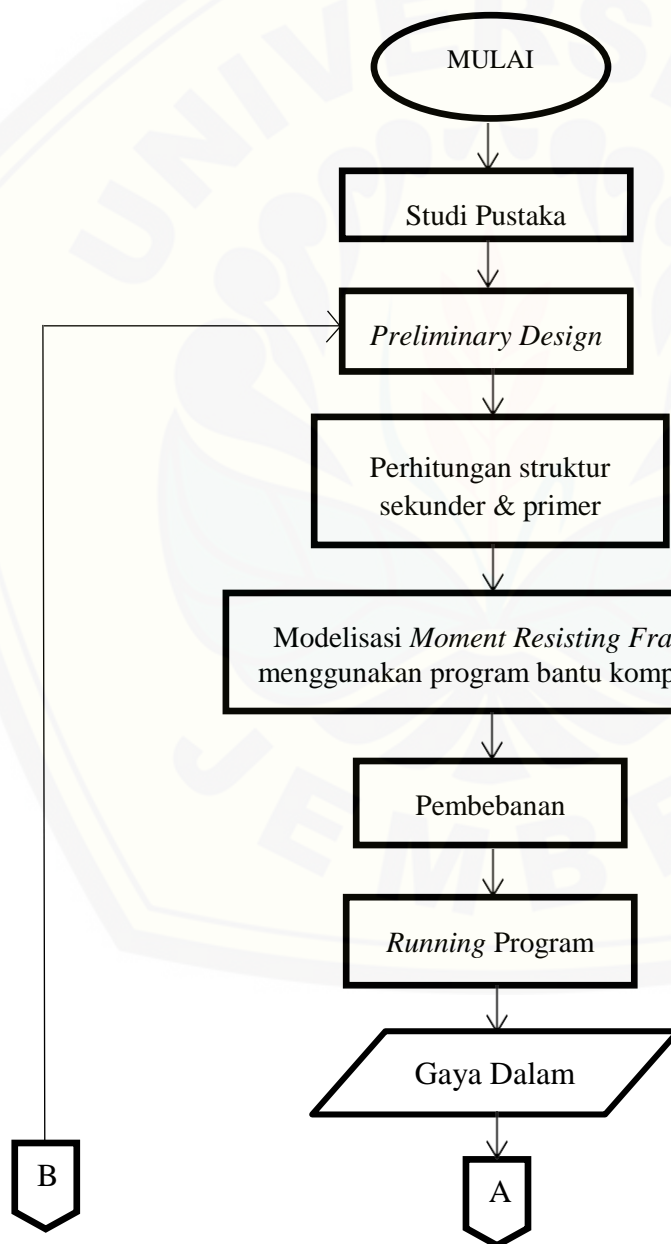
1. Buku **LRFD (Load and Resistance Factor Design)**.
2. Penelitian terdahulu mengenai *Moment Resisting Frame* dan

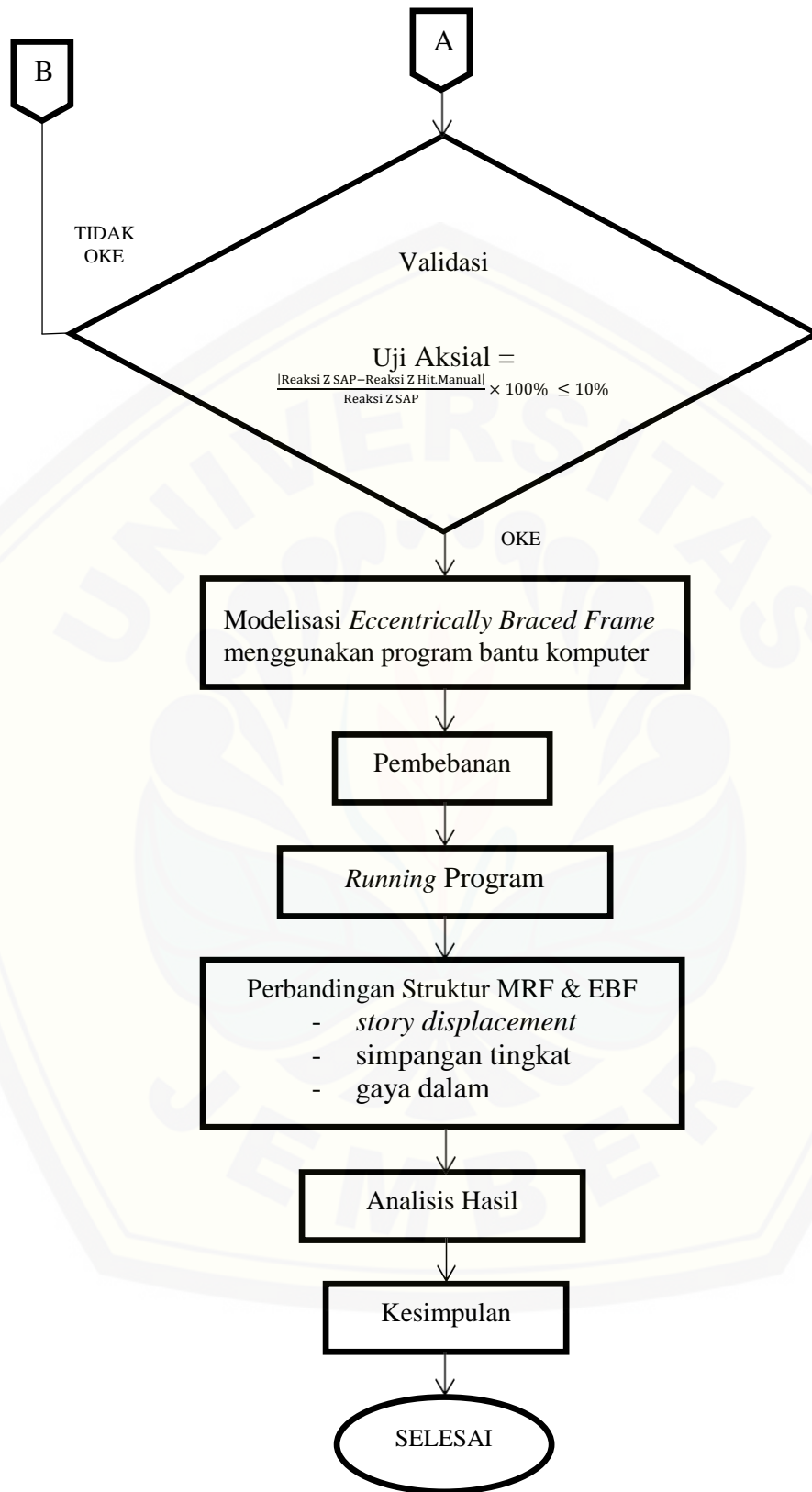
Eccentrically Braced Frame.

3. Jurnal *Eccentrically Braced Frame.*

3.4 Diagram Alir Perencanaan

Diagram alir perencanaan ini adalah *Preliminary Design*, dengan meninjau dua jenis struktur yang berbeda yaitu *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame*. Diagram alir perencanaan ditampilkan pada Gambar 3.3 berikut :





Gambar 3.3 Diagram Alir Perencanaan

3.4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan pada pembahasan ini, meliputi :

- Ukuran dimensi balok dan kolom
- Ukuran tulangan yang digunakan
- Jumlah lantai bangunan
- Elevasi bangunan

Data-data tersebut diperoleh dari *shop drawing* bangunan Hotel Dafam Lotus Jember.

3.4.2 Preliminary Design

Pada tahapan ini, peneliti mendesain struktur bangunan dengan dua macam portal yang berbeda yaitu MRF (*Moment Resisting Frame*) dan EBF (*Eccentrically Braced Frame*). Pada struktur MRF dibutuhkan data mengenai profil kolom dan balok yang akan digunakan. Sedangkan pada struktur EBF data yang dibutuhkan mengenai profil bresing, panjang *link* dan jenis konfigurasi bresing. Dalam hal ini struktur EBF sama dengan MRF, hanya berbeda dalam penambahan bresing pada strukturnya.

3.4.3 Pemodelan MRF menggunakan Program Bantu Komputer

Untuk pemodelan MRF, diperlukan dimensi struktur dan data material yang digunakan, setelah semua data telah didapat pemodelan langsung bisa dilakukan dengan menggunakan program bantu komputer.

3.4.5 Perhitungan Pembebanan

Pada tahapan ini pembebanan yang dilakukan yaitu, meliputi : perhitungan beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

a. **Beban Mati**

Beban mati merupakan berat sendiri struktur bangunan dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Beban mati biasanya terdiri dari : balok, pelat, kolom, tangga, spesi, keramik, plafond, dinding, dll.

b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Beban hidup yang dapat bergerak dengan tenaganya sendiri disebut beban bergerak, seperti kendaraan dan manusia. Sedangkan beban yang dapat dipindahkan antara lain furniture dan material-material yang ada dalam bangunan. Beban guna dan beban air hujan juga merupakan beban hidup pada suatu struktur bangunan.

c. Beban Gempa

Beban gempa merupakan semua beban yang bekerja pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh pergerakan tanah akibat gempa bumi, baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik yang tentunya akan mempengaruhi struktur bangunan. Dalam penelitian ini digunakan analisa gempa menggunakan gempa dinamik respon spektrum. Perhitungan beban gempa menggunakan bantuan aplikasi pada web www.puskim.pu.go.id/aplikasi.

Setelah semua perhitungan pembebanan telah didapat kemudian input hasil perhitungan beban mati dan beban hidup serta beban gempa pada program bantu komputer.

3.4.6 Running Program

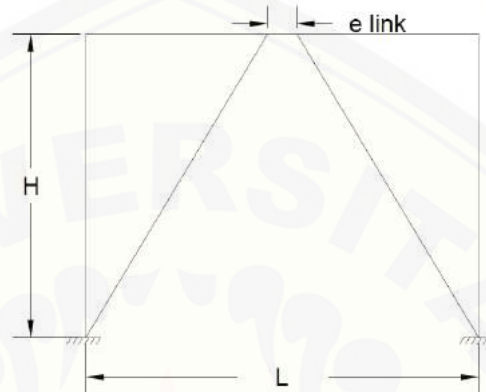
Setelah memasukkan pembebanan, program *dirunning* lalu diperoleh nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam pada struktur *Moment Resisting Frame*.

3.4.7 Validasi

Tahapan selanjutnya yaitu cek perhitungan pembebanan manual dengan hasil pembebanan program komputer. Apabila validasi $\pm 10\%$ maka pemodelan *Moment Resisting Frame* dapat dijadikan acuan sebagai pemodelan *Eccentrically Braced Frame*, namun bila tidak memenuhi maka kembali ke tahap *Preliminary Design*.

3.4.8 Pemodelan EBF menggunakan Program Bantu Komputer

Pada tahap pemodelan EBF, data yang diperlukan meliputi profil bresing, panjang *link* yaitu, *link* pendek (*short link*) dan *link* menengah (*intermediate link*) serta jenis konfigurasi bresing, bresing diletakkan pada sumbu lemah bangunan.



Gambar 3.4 Desain Model Portal

Dengan,

L = panjang portal

H = tinggi portal

e = panjang link

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis panjang *link* yaitu,

➤ *Short link* (*link* pendek)

Short link juga disebut sebagai *shear link* dikarenakan gaya geser yang mendominasi pelelehan pada balok *link* dengan nilai $p \leq 1,6$. Penelitian yang dilakukan oleh Musmar (2012) menunjukkan bahwa sistem EBF dengan pelelehan geser lebih stabil dan menunjukkan daktilitas yang lebih dibandingkan *link* yang mengalami pelelehan lentur. Hal ini disebabkan gaya geser internal yang terjadi konstan sepanjang *link* dan pelelehan pada bagian *web* berlangsung sepanjang bidang web dari *link*.

➤ *Intermediate link* (*link* menengah)

Dikatakan *intermediate link* karena, pelelehan yang terjadi pada balok *link* disebabkan dari kombinasi gaya geser dan lentur sehingga disebut juga

flexular-shear link dengan nilai p adalah sebesar $1,6 \leq p \leq 2,6$. Dengan asumsi momen pada *link* terdistribusi merata diantara ujung *link*, perilaku *link* ini yang meliputi:

- Pelelehan lentur terjadi di bagian *flange* dari *link* pada kedua ujungnya.
- Pelelehan lentur terjadi di bagian atas dari *flange* pada panel jepit
- Pelelehan geser terjadi pada bagian *web* dari *link*
- Tekuk lokal terjadi pada bagian *flange* dari *link*

Selain tekuk lokal pada *flange*, perilaku *link* bergantung pada kelangsingan dari *flange*. Pemberian batasan kelangsingan dapat mencegah kegagalan lokal (*local failure*) yang menyebabkan degradasi kekuatan yang cepat pada beban siklik lanjutan (Engelhardt dan Popov, 1992). Adapun panjang link yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1 seperti di bawah ini :

Tabel 3.1 Desain Perencanaan *Link*

Jenis Link	Syarat Link	Jarak Link	Panjang Link yang dipakai
<i>Short Link</i>	$e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p}$	$e \leq 1,8$	1 m
<i>Intermediate Link</i>	$1,6 \frac{M_p}{V_p} \leq e$ $\leq 1,6 \frac{M_p}{V_p}$	$1,8 \leq e \leq 2,9$	2 m

Setelah dimodelkan dalam program bantu komputer maka, dimasukkan beban gempa dinamik respon spektrum. Kemudian program *dirunning* dan diperoleh nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam pada struktur EBF.

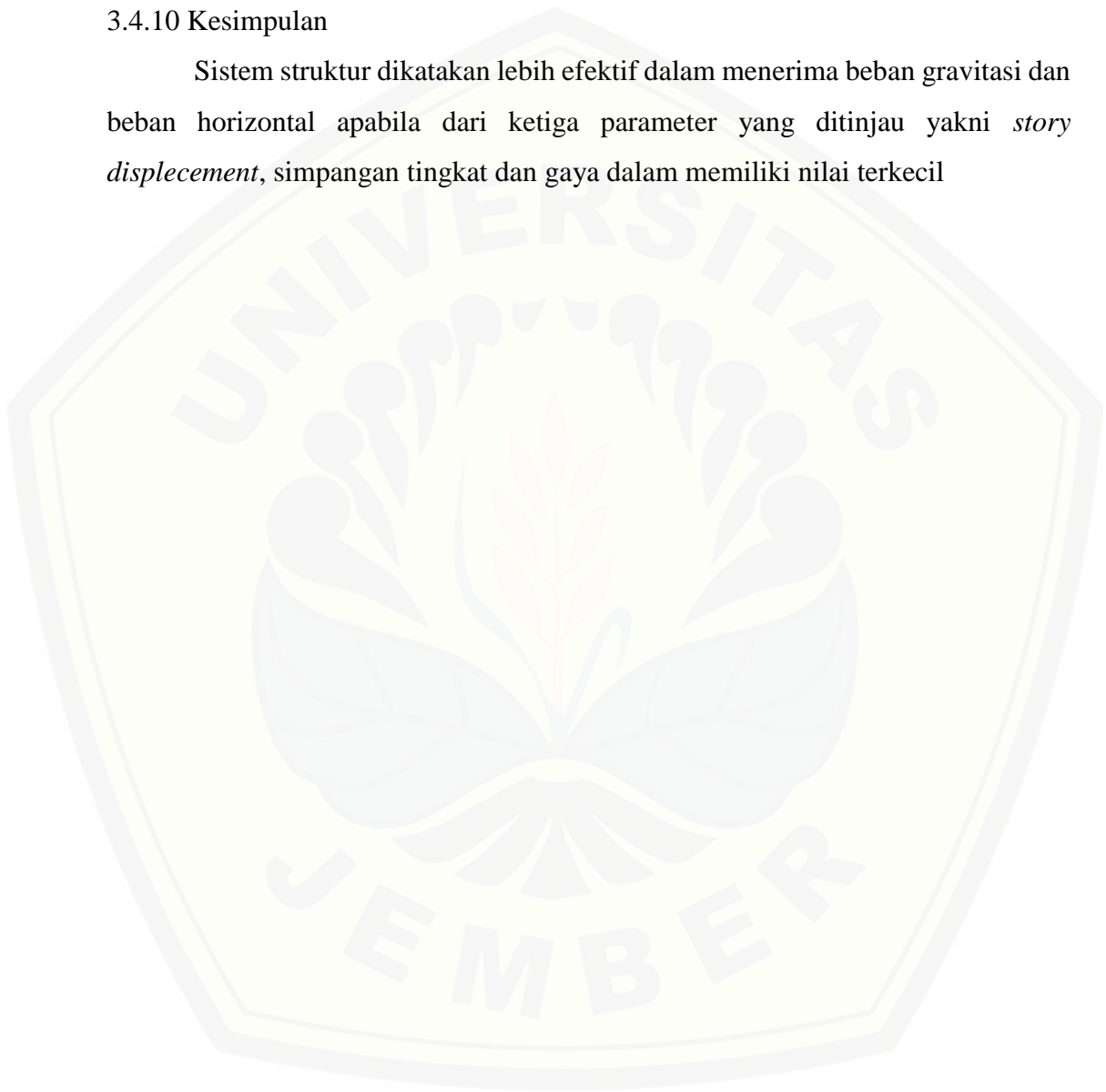
3.4.9 Perbandingan Struktur MRF dengan EBF dan Analisa Hasil

Setelah diperoleh nilai *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam pada struktur EBF dengan *short link* dan struktur EBF dengan *intermediate link*, maka ketiga parameter tersebut dibandingkan antara hasil dari MRF, EBF

dengan *short link* dan EBF dengan *intermediate link* kemudian, dapat dilihat lebih efektif mana dari ketiga struktur tersebut yang dapat menerima beban khususnya beban horizontal.

3.4.10 Kesimpulan

Sistem struktur dikatakan lebih efektif dalam menerima beban gravitasi dan beban horizontal apabila dari ketiga parameter yang ditinjau yakni *story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam memiliki nilai terkecil



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bangunan Hotel Dafam Lotus Jember diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *story displacement* pada struktur EBF dengan *short link* dan struktur EBF dengan *intermediate link* lebih kecil daripada struktur MRF dengan diperoleh selisih persentase sebesar 86,99% dan 75,37%.
2. Simpangan tingkat pada struktur EBF dengan *short link* dan struktur EBF dengan *intermediate link* lebih kecil daripada struktur MRF dengan diperoleh selisih persentase sebesar 75,99% dan 68,39%.
3. Hasil analisa gaya dalam struktur EBF lebih kecil daripada struktur MRF yang meliputi momen, geser dan aksial dengan diperoleh selisih persentase berturut-turut sebesar 79,76%, 53,91% dan 10,48% untuk struktur EBF dengan *short link*, sedangkan untuk struktur EBF dengan *intermediate link* diperoleh selisih persentase berturut-turut sebesar 76,05%, 43,15% dan 3,36%.

Dari ketiga nilai parameter tersebut (*story displacement*, simpangan tingkat dan gaya dalam) menunjukkan bahwa penambahan bresing eksentrik (*eccentrically braced*) pada bangunan Hotel Dafam Lotus Jember memiliki pengaruh yang signifikan dalam menahan beban khususnya beban horizontal.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya meliputi:

1. Panjang *link* yang berbeda akan memperoleh hasil displacement yang berbeda pula dan akan menarik apabila diteliti lebih lanjut.
2. Perlu dilakukan analisis biaya antara struktur MRF dan EBF.
3. Perlu dilakukan penelitian pada zona gempa yang berbeda.
4. Perlu dianalisis sambungan pada bresing.
5. Perlu dianalisis struktural bangunan bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Khusniatul. 2017. Studi Perbandingan Struktur Gedung CDAST Universitas Jember Menggunakan *Moment Resisting Frame* dan *Eccentrically Braced Frame*. Skripsi. Jember: Program Sarjana Universitas Jember.
- Asroni, A. 2010. Struktur Beton Bertulang I (Balok dan Pelat Beton Bertulang). Yogyakarta: Graha Ilmu
- Asroni, A. 2014. Teori dan desain balok pelat beton bertulang berdasarkan SNI 2847-2013. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Aziz, A. (2012). Studi Perilaku Sistem Rangka Baja K-Split EBF (*Eccentrically Braced Frame*) terhadap Beban Gempa dengan Analisis Pushover. Depok :Laporan Penelitian.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2017. Gempa Bumi. <http://josuasilaen.blogspot.co.id/2017/10/gempa-bumi-bmkg.html> [diakses 27 Oktober 2017]
- Badan Standarisasi Nasional 2013. Persyaratan Beton Bertulang Untuk Struktur Bangunan Gedung.SNI 2847-2013. Jakarta
- Daneshmand, Ardeshir, dan Behrokh H. Hashemi. (2011), "*Performance of Intermediate and Long Links in Eccentrically Braced Frames*". *Journal of Constructional Steel Research*, 70 (11) : 167-176.
- Dwitama, A. 2013. Analisis *Pushover* Struktur Rangka Bresing V-Terbalik Eksentrik dengan Panjang Link Bervariasi. Laporan Penelitian. Bali: Bukit Jimbaran Campus.
- Musmar, M.A. 2012. *Effect of Link on Eccentrically Braced Frame*. *Journal of Engineering Sciences. Assiut University* Vol. 40, No 1, pp.35-43
- Nawy, Edward G. 1998. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung: PT Refika Aditama
- Sudarsana, K., Budiwati, Ida Ayu M., dan Juliarta, I Gede. 2015. Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik Pada Level Kinerja

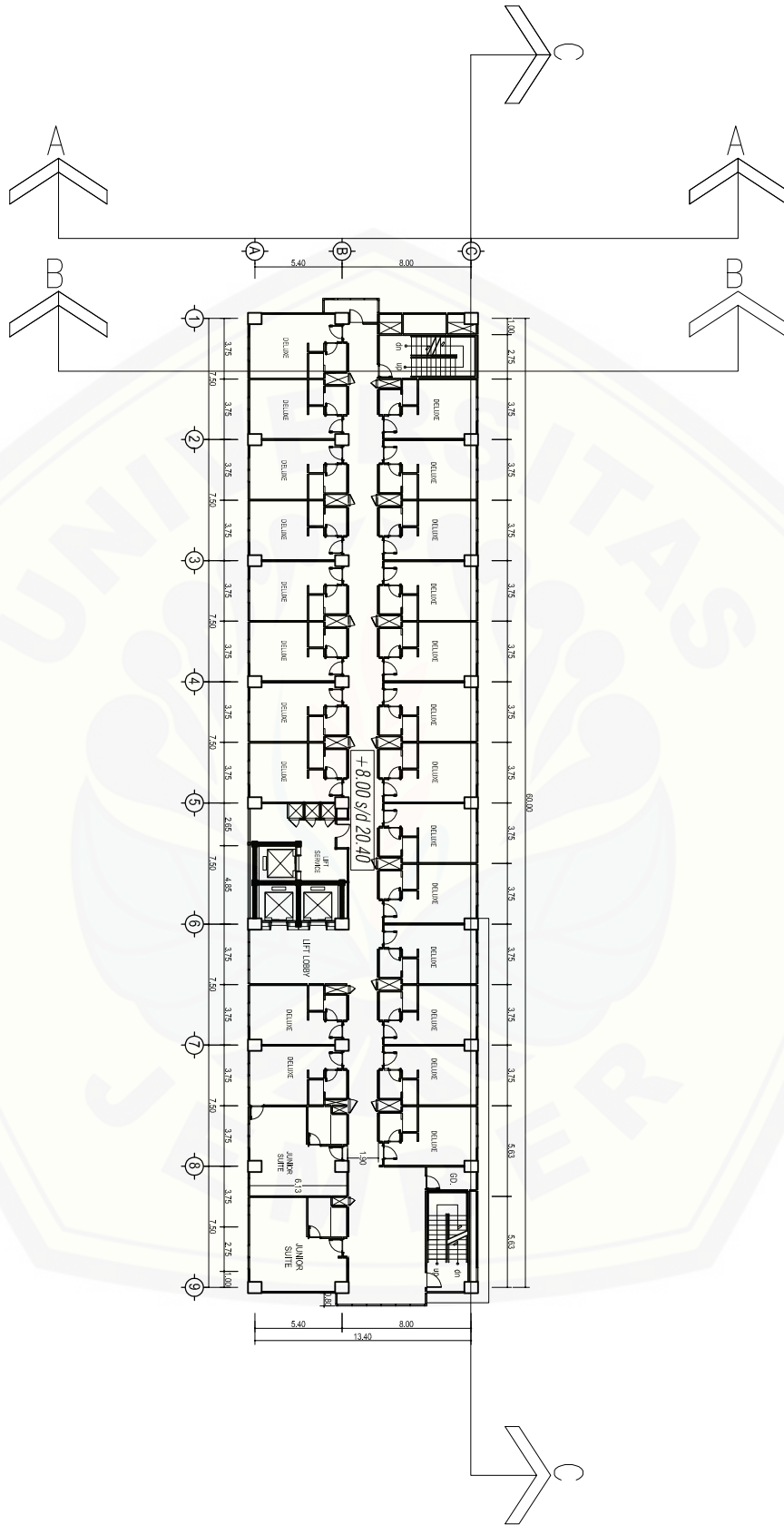
yang Sama. Tidak diterbitkan. Laporan Penelitian. Bali: Universitas Udayana Bali..

SNI, 1726:2012. (2012), "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung". Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

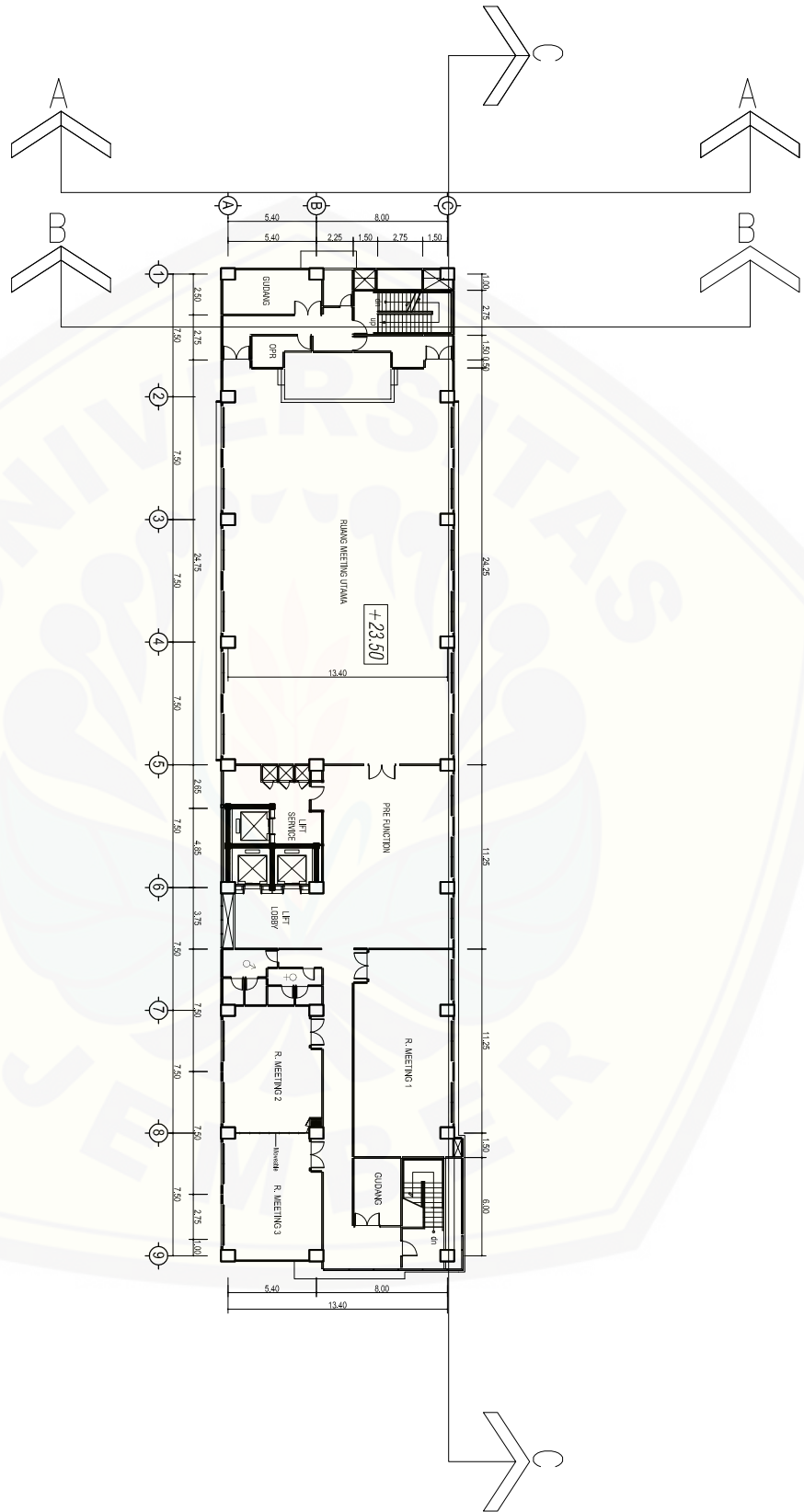




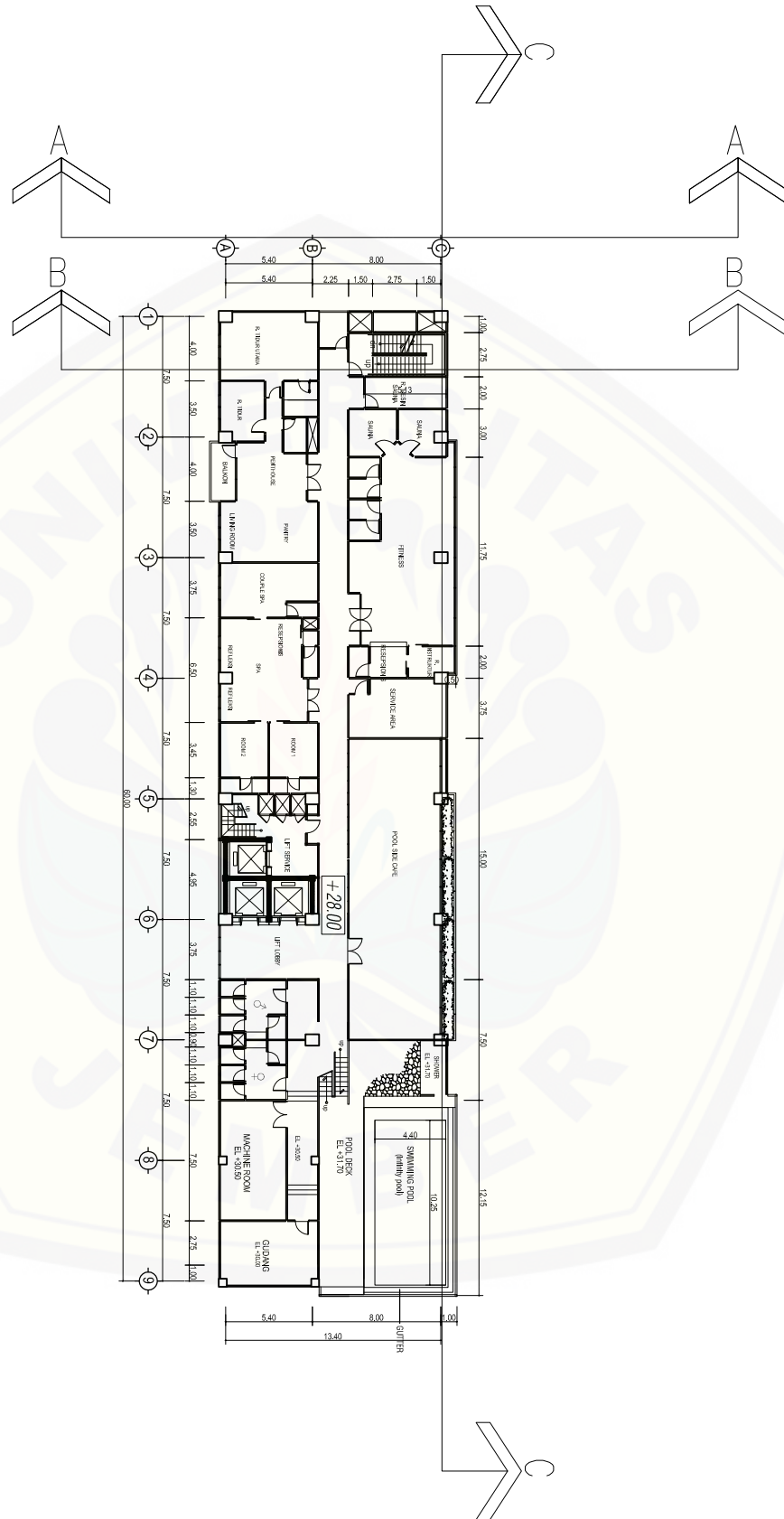
LAMPIRAN



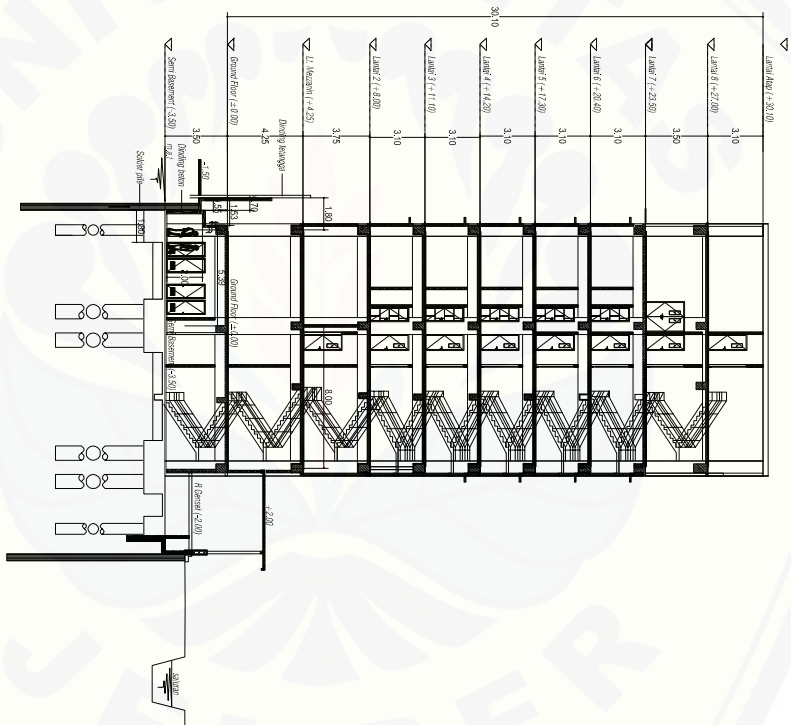
DENH LANTAI 2-6
SKALA 1: 300



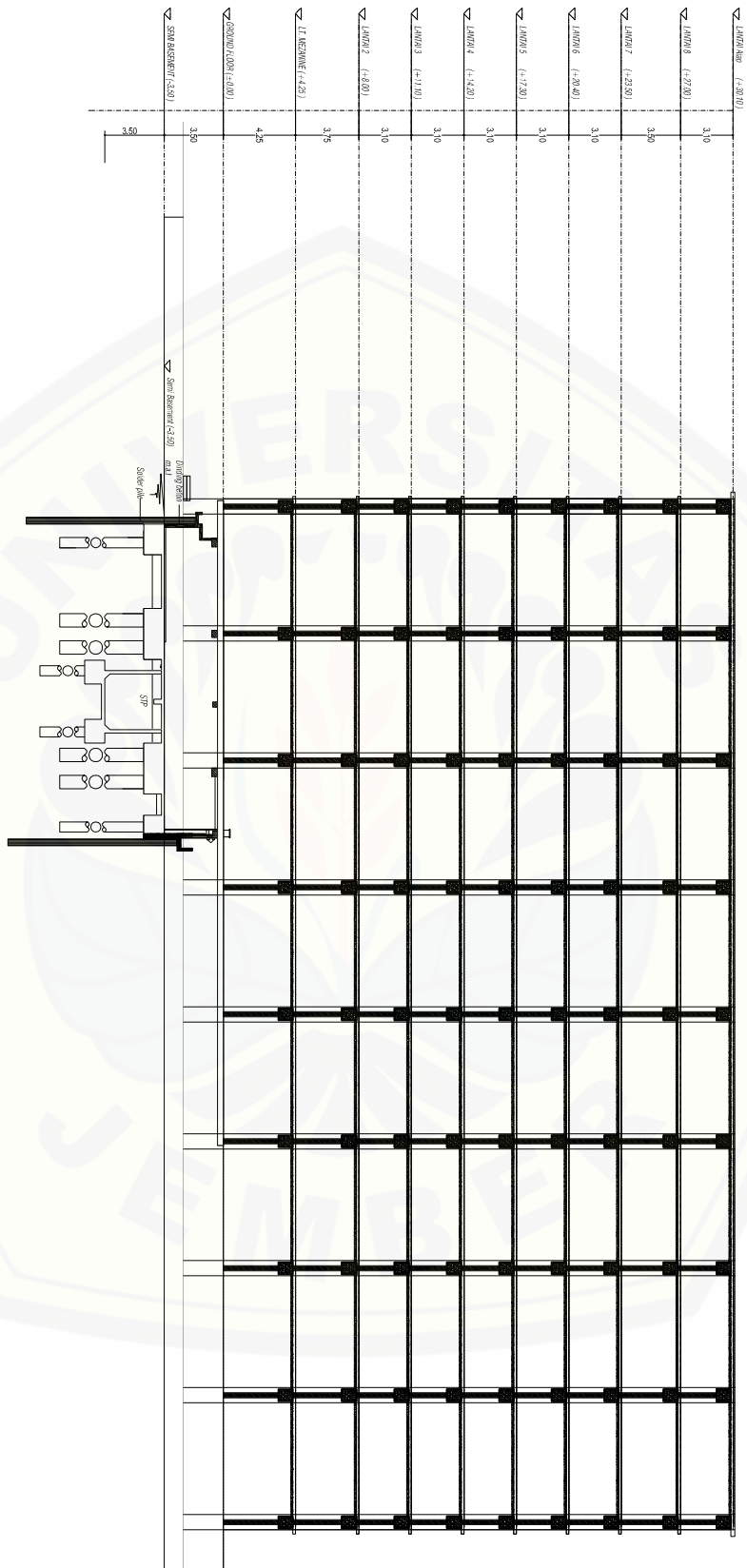
DENAH LANTAI 7
SKALA 1:300



DENAH LANTAI 8
SKALA 1:300

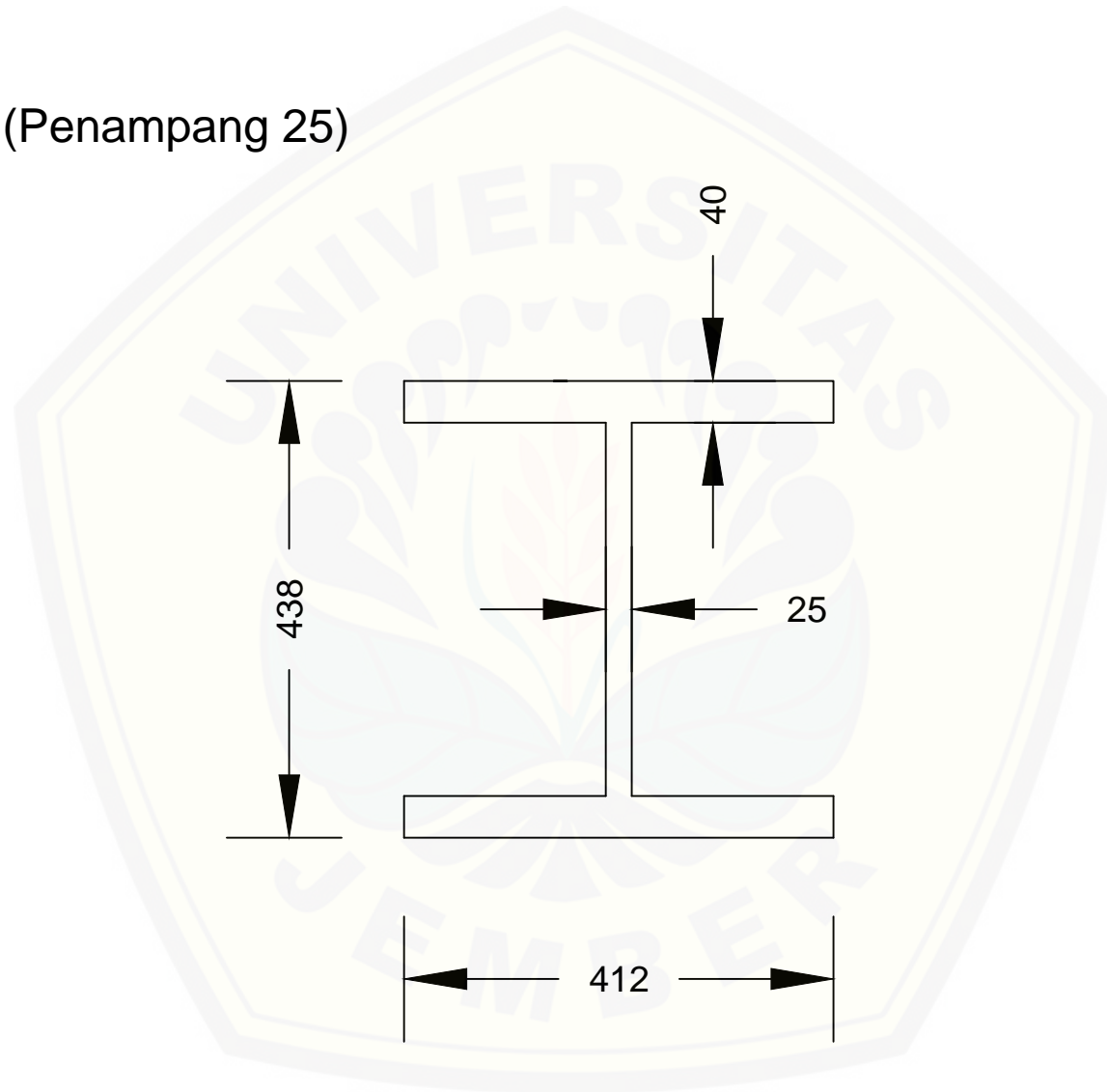


POTONGAN A-A
SKALA 1:150

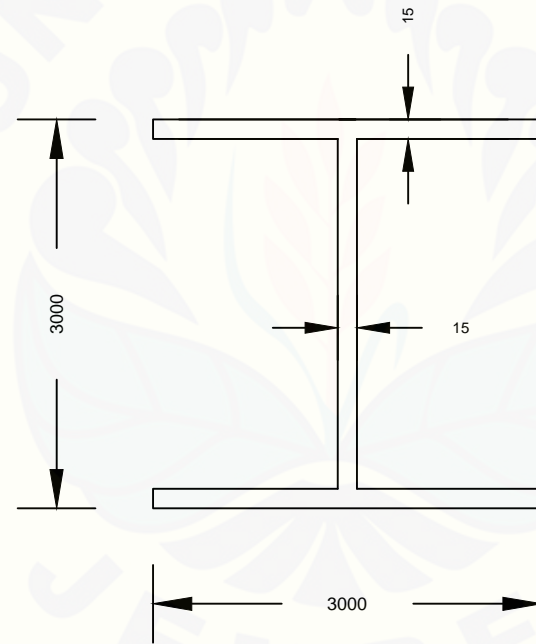


POTONGAN C-C
SKALA 1:300

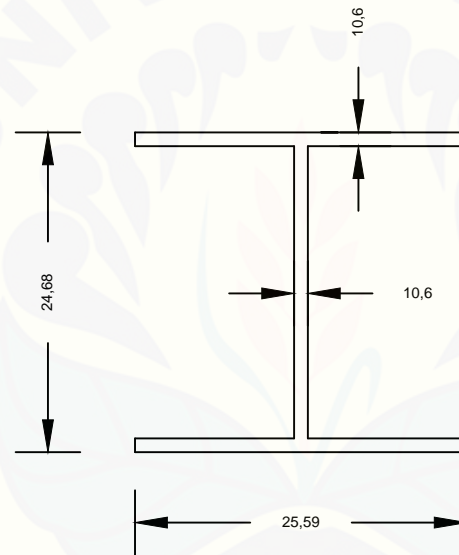
Profil Kolom (Penampang 25)



Profil Balok Induk (WF 300.300.15.15)



Profil Bresing (HP 10x24)



1. Hasil Displacement Struktur MRF pada Program Bantu Komputer

174	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01284	-0.00025	-0.010146	-0.000806	-0.000076	-0.000015
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013302	0.009489	-0.010116	-0.000744	0.000181	0.000029
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012694	-0.000289	-0.010147	-0.000802	-0.000038	-0.000023
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013464	0.009025	-0.01005	-0.000737	0.000268	0.000051
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012535	-0.00043	-0.01008	-0.000792	0.000047	-0.00002804
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013632	0.00797	-0.005864	-0.000393	0.000649	0.000027
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012375	-0.001032	-0.006005	-0.000442	0.000403	-0.000011
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.012327	0.007316	-0.003978	0.000268	-0.000049	-0.000007728
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012426	-0.001451	-0.004118	0.000171	-0.00037	-0.00009
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.012328	0.008189	-0.006855	0.000371	0.000098	-0.000003426
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012427	-0.001035	-0.006888	0.000263	-0.000211	-0.000093
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.012339	0.008662	-0.006903	0.00036	0.000125	0.00003
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012415	-0.000919	-0.006937	0.000245	-0.000184	-0.000067
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.01236	0.008874	-0.006903	0.000349	0.00014	0.000031
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012395	-0.000897	-0.006938	0.000221	-0.000168	-0.00003
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.011832	0.006499	-0.005624	-0.000338	0.000473	0.000028
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01183	-0.00182	-0.005762	-0.00047	-0.000001196	-0.000008489
183	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.011824	0.007061	-0.009619	-0.000543	0.000249	0.000041
183	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.011835	-0.001671	-0.009649	-0.000688	-0.000207	-0.0000089

210	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000879	0.000357	-0.000771	0.000765	0.000186	0.00001
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000795	-0.000394	-0.000802	0.000439	-0.000595	0.000003225
213	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
213	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
214	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000868	0.00032	-0.001327	0.001083	0.000379	0.000007992
214	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000812	-0.000476	-0.001335	0.000737	-0.000366	-3.596E-07
215	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
215	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
216	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000859	0.00033	-0.001335	0.001091	0.000377	0.000004474
216	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000824	-0.000497	-0.001342	0.000732	-0.000369	-0.000004515
217	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
217	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
218	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000851	0.000342	-0.001335	0.001092	0.000375	0.00000294
218	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000834	-0.000499	-0.001342	0.000727	-0.000371	-0.000003395
219	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
219	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0

2. Hasil Displacement Struktur EBF dengan *Short Link* pada Program Bantu Komputer

173	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013582	-0.001854	-0.008156	-0.000711	-0.000095	-0.00003
174	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013755	0.008632	-0.008156	-0.000593	0.000169	0.000099
174	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01345	-0.001748	-0.008185	-0.000661	-0.000105	-0.000059
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013894	0.007069	-0.008158	-0.000593	0.000205	0.000153
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013312	-0.001254	-0.008182	-0.000649	-0.00007	-0.000059
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.014048	0.004031	-0.008111	-0.000574	0.000278	0.000261
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013163	-0.001222	-0.008125	-0.000608	4.539E-07	0.000033
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.014212	-0.001503	-0.004486	0.000035	0.000585	0.000212
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013008	-0.003068	-0.004641	0.000019	0.000284	-0.000018
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013017	0.001064	-0.003162	0.000216	0.000017	0.000001154
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013122	-0.002743	-0.003328	0.000186	-0.000358	-0.000435
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.01302	0.00367	-0.005525	0.000316	0.000133	-0.000026
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01312	-0.001751	-0.005542	0.00025	-0.000232	-0.000412
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013033	0.006584	-0.005558	0.000288	0.000154	0.000103
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013107	-0.001857	-0.005583	0.000177	-0.00021	-0.00027
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013053	0.008165	-0.005556	0.000284	0.000168	0.000113
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013085	-0.002345	-0.005588	0.000133	-0.000195	-0.000159
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.012262	-0.000875	-0.004317	0.000124	0.000449	0.000169
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01227	-0.002273	-0.00447	0.000093	-0.000082	-0.000045

208	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
208	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
209	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
209	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
210	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
210	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.00085	0.000193	-0.000621	0.000096	0.000232	0.000039
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000775	-0.000194	-0.000662	0.00002	-0.000544	0.000006408
213	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
213	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
214	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.00084	0.000089	-0.001071	0.000852	0.00038	0.000027
214	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000791	-0.000366	-0.001074	0.000648	-0.000368	-0.000003581
215	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
215	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
216	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000832	0.000229	-0.001075	0.000892	0.000378	0.00001
216	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000803	-0.000457	-0.001081	0.000584	-0.000371	-0.00002
217	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0

3. Hasil Displacement Struktur EBF dengan *Intermediate Link* pada Program Bantu Komputer

174	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013735	0.008879	-0.008156	-0.000593	0.000169	0.000098
174	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.01343	-0.001794	-0.008186	-0.000662	-0.000105	-0.000063
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013874	0.007507	-0.008158	-0.000593	0.000204	0.000141
175	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013292	-0.001306	-0.008183	-0.000651	-0.00007	-0.000065
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.01403	0.004883	-0.008111	-0.000576	0.000277	0.000234
176	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013143	-0.001217	-0.008127	-0.000615	8.141E-07	0.000016
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.014194	0.000043	-0.004487	0.000017	0.000585	0.000194
177	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012988	-0.002767	-0.004628	-0.000003965	0.000284	-0.00003
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.01302	0.001636	-0.003133	0.000166	0.000016	0.000015
178	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013129	-0.002593	-0.003288	0.000127	-0.000359	-0.000392
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013023	0.004472	-0.005525	0.000313	0.000132	-0.000003569
179	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013127	-0.00174	-0.005544	0.000239	-0.000232	-0.000372
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013036	0.006987	-0.005558	0.000288	0.000154	0.000111
180	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013113	-0.001893	-0.005584	0.000173	-0.00021	-0.000251
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013057	0.008388	-0.005556	0.000286	0.000168	0.000118
181	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013091	-0.002384	-0.005589	0.00013	-0.000195	-0.000155
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.012247	0.000418	-0.00432	0.000118	0.000449	0.000156
182	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.012253	-0.002163	-0.004459	0.00007	-0.000082	-0.000052
183	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.01224	0.003634	-0.007763	-0.000389	0.000276	0.000181

Digital Repository Universitas Jember

204	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000777	0.000105	-0.001554	-0.000261	0.000365	0.000004628
204	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.00085	-0.000385	-0.001558	-0.000454	-0.000382	-0.000012
205	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.000755	0.000176	-0.000874	0.000163	0.000604	0.000004929
205	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000867	-0.00013	-0.000909	0.000044	-0.00017	-0.00001
206	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013082	0.008602	-0.005557	0.000244	0.000182	0.000034
206	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013064	-0.002608	-0.00559	0.000104	-0.000181	-0.000023
207	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.013107	0.008103	-0.005557	0.000287	0.000196	0.000158
207	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.013038	-0.00228	-0.005587	0.00016	-0.000168	-0.000116
208	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
208	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
209	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
209	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
210	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
210	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0
211	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	0	0	0	0	0	0
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0.00085	0.000284	-0.000618	0.000089	0.000232	0.000035
212	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Min	-0.000776	-0.000049	-0.000656	-0.000056	-0.000544	0.000008007
213	1.2D+1.0L+1.0Ex+0.3Ey	Combination	Max	0	0	0	0	0	0