

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI STRUKTUR BETON DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM RANGKA BRESING PADA GEDUNG LEVEL KINERJA YANG SAMA

Edward Octa Dianto Saputra¹⁾, Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc²⁾, Nurul Rochmah, ST,MT,M.Sc³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jln Semolowaru No. 45, Surabaya 60118

Telepon: (031) 5931800. Email: edwardocta26@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan efisiensi antara struktur beton dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan struktur beton dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) pada level kinerja yang sama yaitu *Life Safety*. Perbandingan ini ditinjau dari berat material tulanga beton yang diperlukan, simpangan, dan gaya geser seismik yang mampu dipikul masing-masing struktur. Sebanyak enam buah model struktur 3-Dimensi dibuat dan dianalisis dengan bantuan *commercial software*. Adapun keenam model tersebut terdiri atas 3 buah model struktur SRPMK dan 3 buah model SRBE dengan variasi tingkat 4, 7, dan 10. Analisis yang dilakukan meliputi analisis linear untuk menghitung gaya-gaya dalam elemen struktur dan analisis *nonlinear static pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur yang telah didesain untuk mengetahui level kinerjanya mencapai *life safety*. Analisis *nonlinear static pushover* dilakukan setelah semua elemen struktur dari setiap model didesain untuk memenuhi beban-beban yang bekerja mengikuti standar yang berlaku pada SNI 2847-2015 (Beton) SNI 1729-2015 (Baja) dan SNI 1726:2012 (beban Gempa). Bangunan yang ditinjau dianggap berada pada wilayah dengan kategori desain seismik (KDS) D dengan fungsi sebagai Gedung Sekolah Dan Fasilitas Pendidikan.

Hasil analisa menunjukkan bahwa Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 29%, (489,59 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 1199,76 Ton. Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 22%, (755,13 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 2648,62 Ton. Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih ringan sebesar 10% (317,78 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 3121,23 Ton. Hasil Harga material pada masing-masing model struktur Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 49,2% (Rp. 12.196.204.277) dibandingkan dengan SRBE 4 lantai sebesar Rp. 24.784.647.719. Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 7,5%, (Rp. 1.354.266.235) dibandingkan dengan SRBE 7 lantai sebesar Rp. 18.037.196.756. Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih mahal sebesar 254,7% (Rp. 62.799.718.790) dibandingkan dengan SRBE 10 lantai sebesar Rp. 24.656.592.702, SRPMK juga memiliki nilai target perpindahan dan gaya geser seismik yang lebih besar dari SRBE baik pada Arah sumbu X maupun Y pada saat dicapainya level kinerja *life safety*.

Kata kunci: *kinerja struktur, pushover analysis, SRBE, struktur Beton, SRPMK*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam Kebutuhan akan bangunan tahan gempa merupakan sebuah hal yang harus terpenuhi, khususnya untuk daerah-daerah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi seperti di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan Negara yang berada di jalur gempa pasifik (*Circum Pacific Earthquake Belt*) dan jalur gempa Asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) sehingga tingkat risiko terjadinya gempa bumi sangatlah tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi ini di wilayah Indonesia, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan untuk dapat memberikan kinerja minimal *life safety*, dimana bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan. Dengan demikian, kemungkinan timbulnya korban jiwa dapat diminimalisasi mengacu pada SNI 1726-2012 dan FEMA 356.

Menurut FEMA 356, *table C1-3*, level kinerja suatu struktur dapat dijadikan acuan dalam perencanaan berbasis kinerja dimana level kinerja struktur terdiri atas 3 level kinerja, yaitu *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, dan *Collapse Prevention*. Penentuan level kinerja suatu struktur diukur berdasarkan kriteria *roof drift ratio* atau *drift* yaitu rasio perpindahan horizontal atap dibagi dengan tinggi struktur dari taraf penjepitan. Dalam penentuan level kinerja *Roof drift ratio* dicari berdasarkan target perpindahan struktur yaitu perpindahan maksimum yang terjadi saat struktur menerima gempa rencana.

Dalam perencanaan bangunan sekarang ini sering digunakan perencanaan bangunan berbasis kinerja atau *performance based design*. Dalam perencanaan ini, kinerja bangunan

terhadap gempa dan pola keruntuhannya dapat dinyatakan secara jelas dalam bentuk kurva. Untuk mengetahui perilaku keruntuhan pada bangunan maka digunakan analisis *Pushover* atau analisis beban dorong statik.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dan efisiensi dari tingkat rendah, menengah dan tinggi dalam berat dan harga material Adapun keenam model

tersebut terdiri atas 3 buah model struktur SRPMK dan 3 buah model SRBE dengan variasi tingkat 4, 7, dan 10. Dengan Bresing tipe X mengacu pada SNI 1729-2015 pada gedung Fakultas Teknik Untag Surabaya, dengan fungsi sebagai gedung Sekolah dan fasilitas Pendidikan dengan kategori Resiko IV (SNI 1726-2012) Dan wilayah Surabaya termasuk dalam zona gempa 2, yaitu wilayah yang memiliki intensitas gempa ringan.

2 Rumusan Masalah

Penjelasan latar belakang masalah dapat diambil suatu rumusan masalah.

1. Bagaimana hasil kurva kinerja pada struktur gedung lantai 4, 7 dan 10 untuk model SRPMK dan SRBE ?
2. Berapa hasil dari efisiensi berat dan efisiensi harga yang didapat dari perbandingan model SRPMK dan SRBE tersebut ?

3 Batasan Masalah

- a) Perbandingan efisiensi berat dan harga struktur beton dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem rangka bresing eksentrik pada level kinerja yang sama.
- b) Analisa struktur menggunakan analisa statik *non-linear Pushover analysis*.
- c) Level kinerja struktur menggunakan level kinerja *Life Safety*.
- d) Peraturan berdasarkan SNI 1726-2012, SNI 1729-2015 dan SNI 2847-2013.

- e) Program komputer yang digunakan SAP 2000 Versi 14, AutoCAD 2007, Microsoft Excel 2010.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah :

1. Mengetahui hasil hasil kurva kinerja pada struktur gedung lantai 4, 7 dan 10 untuk model SRPMK dan SRBE.
2. Mengetahui hasil efisiensi berat dan harga yang didapatkan dari perbandingan model SRPMK dan SRBE tersebut.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun dalam penulisan tugas akhir ini kami dasarkan pada aturan yang telah ditetapkan oleh panitia tugas akhir tahun 2017 Universitas 17 Agustus Surabaya, dimana isi kami dapat dari hasil pengamatan kami di lapangan dan pula dari literature-literatur yang ada.

Isi dari penulisan Tugas Akhir dimulai dari:

- **Bab I** = Bagian-bagiannya yaitu terdiri dari:
 - Latar belakang yaitu dasar atau titik tolak untuk memberikan pemahaman kepada pembaca atau pendengar mengenai apa yang kita inginkan.
 - Perumusan masalah yaitu usaha untuk menyatakan secara tersurat pertanyaan penelitian apa saja yang perlu dijawab atau dicarikan jalan pemecahan masalahnya.
 - Tujuan penelitian yaitu sesuatu yang akan dicapai atau dituju dalam sebuah penelitian.
 - Batasan masalah yaitu usaha untuk menetapkan batasan dari masalah penelitian yang akan diteliti.
- **Bab II** = Di uraikan tentang Landasan Teori, maksudnya yaitu hal-hal teori yang ada hubungannya dengan apa yang akan dibahas

dalam Tugas Akhir ini. Juga teori-teori yang nantinya akan dijadikan pedoman dalam perhitungan atau analisis yang ada dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

- **Bab III** = Berisikan tentang Metodologi Penelitian atau perencanaan. Pada bab ini dijelaskan tentang langkah-langkah dalam melakukan penelitian / perencanaan dan proses analisis perhitungan juga penjelasan dalam melakukan penelitian /perencanaan.
- **Bab IV** = Merupakan pembahasan dari Tugas Akhir ini dimana teori dan rumusan masalah yang ada pada bab sebelumnya digunakan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.
- **Bab V** = Berisikan kesimpulan dan saran, artinya setelah penulis melakukan penelitian terhadap ruas jalan yang diamati maka dapat ditarik suatu kesimpulan dan dapat memberikan suatu solusi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material

2.1.1. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur

utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

2.1.2 Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai

pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Ring balok dibuat dari bahan yang sama dengan kolomnya sehingga hubungan ring balok dengan kolomnya bersifat kaku tidak mudah berubah bentuk. Pola gaya yang tidak seragam dapat mengakibatkan balok melengkung atau defleksi yang harus ditahan oleh kekuatan internal material.

Jenis Jenis Balok

1. Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk penampang dan materialnya.
2. Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap
3. Balok teritisasi adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.
4. Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi
5. Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teritisasi dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.
6. Balok kontinu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

2.1.3 Batang Baja Bresing Eksentrik

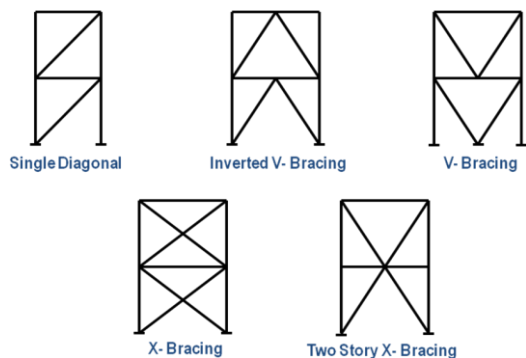
Perencanaan struktur baja didasarkan atas sifat material baja yang dapat menahan tegangan tarik, tekan, geser, lentur, torsi, dan kombinasinya. Kekuatan dan daktilitas material baja relatif tinggi, sehingga baja mampu menjalani deformasi

inelastik yang besar tanpa kehilangan kekuatannya. Strukturnya ringan sehingga menguntungkan untuk struktur jembatan bentang panjang,

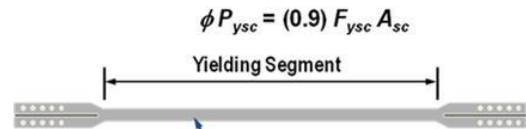
bangunan tinggi, ataupun struktur cangkang Waktu pengerjaan relatif singkat (tidak memerlukan *set-up time*) Disain meliputi disain elemen dan sambungan Kelangsingan elemen harus diperhitungkan untuk menghindari hilangnya kekuatan akibat tekuk.

Bresing adalah struktur batang yang dipasang menyilang yang menyambungkan antara kolom dan balok pada sebuah gedung, Bresing berfungsi sebagai pengaku pada sebuah struktur. Batang baja yang dipakai dalam bresing didesain untuk menahan gaya aksial dari bresing secara keseluruhan. dan bresing direncanakan untuk membentuk aksi rangka batang vertikal yang berguna untuk menahan gaya gempa (lateral) melalui truss action

Kuat aksial rencana, (LRFD), ϕP_{ysc} baik tarik maupun tekan, ditentukan berdasarkan batas leleh sebagai berikut: $\phi P_{ysc} = \phi f_{ysc} A_{sc}$ sambungan bresing dan batang yang saling berkaitan didesain untuk menahan gaya berdasarkan kekuatan bresing disesuaikan. Kuat tarik dari bresing ditentukan sebesar $\phi \omega R_y P_{ysc}$. sedangkan kuat tekan bresing adalah $\omega R_y P_{ysc}$. (Version 1- March 2007)



Gambar 2.1 macam-macam kerangka bresing (Version 1- March 2007)



Gambar 2.2 area lentur (Version 1- March 2007)

2.2 PEMBEBANAN

Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu

2.2.1 Beban mati :

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 (**PPIUG 1983, Pasal 1.0.1**)

2.2.2 Beban hidup:

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 peralatan 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. (**PPIUG 1983, Pasal 1.0.2**)

2.2.3 Beban Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya. (**SNI 1727:2013 pasal 8**)

2.2.4 Beban angin

Kecepatan angin dasar, V , yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dan diasumsikan

datang dari segala arah horisontal. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa cepat angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan (**SNI 1727-2013 pasal 26.5.1**) Parameter Beban Angin yang berikut ditetapkan dalam *Pasal 26 SNI 1727-2013*

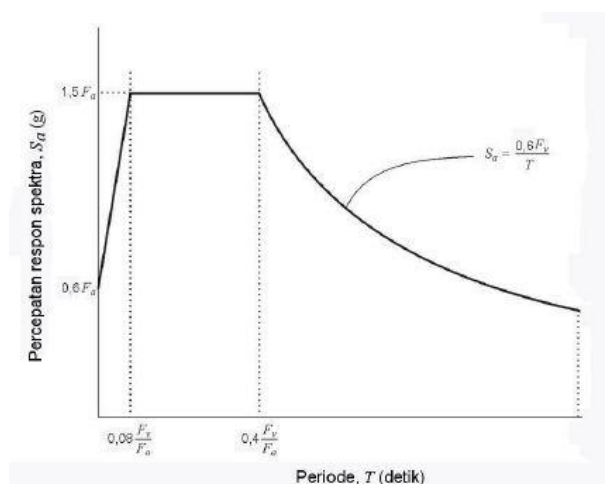
- kecepatan angin dasar (Pasal 26.5)
- kategori eksposur (Pasal 26.7)
- faktor topografi K_{zt} (Pasal 26.8)
- klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
- faktor arah angin K_d (pasal 26.6)
- faktor pengaruh tiupan angin (pasal 26.9)
- koefisien tekanan internal (GCpi) (pasal 26.11)

2.2.5 Beban gempa:

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah 1 satu faktor yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi terjadinya gesekan ini disebut *fault zones*. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari

gerakan sehingga gempa bumi mempunyai kecenderungan menimbulkan gaya-gaya lateral pada struktur (**Schodek, 1992**).

Beban gempa nominal, yang nilainya ditentukan oleh 3 hal, yaitu oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh tingkat daktilitas struktur yang mengalaminya dan oleh faktor keutamaan yang terkandung di dalam struktur tersebut. Menurut Standart ini, peluang dilampauinya beban tersebut dalam kurun waktu umur gedung 50 tahun adalah 2% dan gempa yang menyebabkannya disebut gempa rencana (dengan periode ulang 500 tahun), tingkat daktilitas struktur gedung dapat ditetapkan sesuai kebutuhan. Dengan demikian, beban gempa nominal adalah beban akibat pengaruh gempa rencana yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama di dalam struktur gedung, kemudian direduksi dengan koefisien modifikasi respons R_a . (**SNI 1726:2012**).



Gambar 2.3 respons spectrum gempa Rencana (**SNI -1726-2012**)

Tabel 2.1 kategori resiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan Gedung dan non gedung yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.	IV

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel1)

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel2)

Tabel 2.3 Klasifikasi Situs

SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: - Indeks plastisitas, $PI > 20$, - Kadar air, $w \geq 40\%$, - Kuat geser niralir, $\bar{s}_u < 25 \text{ kPa}$		

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel3)

Tabel 2.4 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS*				

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel 4)

$$F_a = \frac{F_{a2} - F_{a1}}{S_{s2} - S_{s1}} (S_s - S_{s1}) + F_{a1} \quad (2.1)$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.2)$$

Tabel 2.5 Koefisien Situs F_v

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

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel 5)

$$F_v = \frac{F_{v2} - F_{v1}}{S_{12} - 1} (S_1 - S_{11}) + v \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.4)$$

Tabel 2.6 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

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

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel 6)

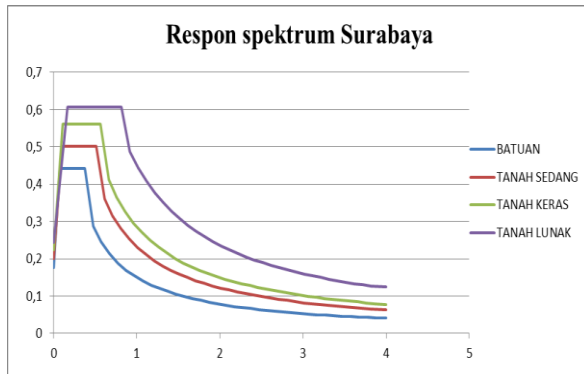
$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.5)$$

Tabel 2.7 Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

(Sumber SNI 1726-2012, Tabel 7)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.6)$$



Gambar 2.4 Grafik RS Surabaya
(Puskim.Pu.Go.Id)

2.2.6 Kombinasi Pembebanan

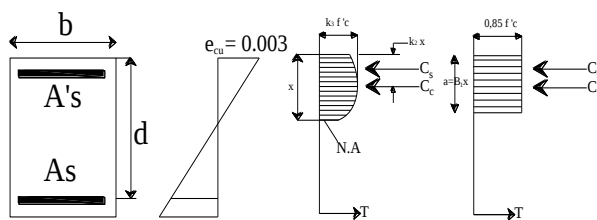
Dalam perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1726-2012 dimana disebutkan bahwa struktur akan menerima beban mati beban hidup beban angin dan beban gempa.

1,4DL
1,2DL + 1,6LL
1,2 DL + 1,0 E + 1,0 LL
0,9 DL + 1,0 E
0,9 DL + 1,0 W

2.3 Menentukan Desain Tulangan

2.3.1 desain tulangan pada balok

2.3.1.1 Tulangan Rangkap



Gambar 2.5 Kondisi-kondisi jika kekuatan lentur nominal tercapai pada perhitungan tulangan rangkap

- 1) Asumsi nilai $\phi = 0,9$ (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)

$$Mn_{perlu} = \frac{Mu}{\phi} \quad (2.7)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (2.8)$$

$$\phi Mn > Mu \text{OK}$$

2.3.1.2 Perhitungan Penulangan Geser

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times bw \times d \quad (2.9)$$

$$\phi Vc \geq Vu \quad (2.30)$$

2.3.1.3. Perhitungan Tulangan Torsi

$$Acp = b \times h \quad (2.31)$$

$$Aoh = (b - 2ts) \times (h - 2ts) \quad (2.32)$$

$$Pcp = 2(b + h) \quad (2.33)$$

$$Ph = 2((b - 2ts) + (h - 2ts)) \quad (2.34)$$

2.4 Desain Sambungan Baja

2.4.1 Desain Sambungan Las

Pada desain sambungan las tumpul, untuk menghitung kekuatan desain (ϕRn) diperjelas dengan disediakan pada Tabel J2.5. Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain (ϕRn) menurut Pasal J2.4 :

2.4.2 Desain Sambungan Baut

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕRn) menurut Pasal J3.6 :

$$Rn = FnAb \quad (2.35)$$

(SNI 1729:2015 J3-1)

$$\phi = 0.75 \quad (2.36)$$

Ab = luas tubuh baut tidak berulir nominal

atau bagian berulir, in.2 (mm2)

Fn = tegangan tarik nominal, Fnt , atau

tegangan geser, Fnw dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut Pasal J3.7 :

$$Rn = F'ntAb \quad (2.37)$$

(SNI 1729:2015 J3-2)

$$\phi = 0.75 \quad (2.38)$$

Keterangan :

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa).

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - F_{nt}\phi F_{nv} \text{ frv} \leq F_{nt} \quad (2.39)$$

(SNI 1729:2015 J3-3a)

F_{nt} = tegangan tarik nominal dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{nv} = tegangan geser dari Tabel J3.2, ksi (MPa)

frv = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban, ksi (MPa)

Untuk Ukuran jarak tepi minimum baut ditentukan diameter baut dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Jarak Tepi Minimum Baut

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1,25d

^[a] Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana.
^[b] Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

(Sumber SNI 1729:2015 Tabel J3.4M)

Tabel 2.9 Tipe-Tipe Baut

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik Min.(MPa)
4307	6.35 - 104	-	60
4325	12.7 - 25.4	585	825
28,6 - 38,1	510	725	-
A490	12,7-38,1	825	1035

(Sumber tabel 6.1 LRFD)

2.5 Konsep Analisis Statik Nonlinier

Analisis statik nonlinier merupakan analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Analisis nonlinear sangat tepat

digunakan karena ketika terjadi gempa yang cukup besar pada struktur terjadi plastifikasi di beberapa tempat, sehingga bangunan tidak lagi berperilaku linear, akan tetapi berperilaku nonlinear. Analisis statik nonlinier dikenal pula sebagai analisis *pushover*, digunakan sebagai metode alternatif dalam melaksanakan *performance based earthquake engineering*.

Analisis *pushover* adalah analisis statik nonlinier dimana pengaruh Gempa Rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing

lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai kondisi plastik (Pranata, 2006).

Dewobroto (2006) menyatakan Analisis *pushover* dapat digunakan sebagai alat bantu perencanaan tahan gempa, asalkan menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada, yaitu:

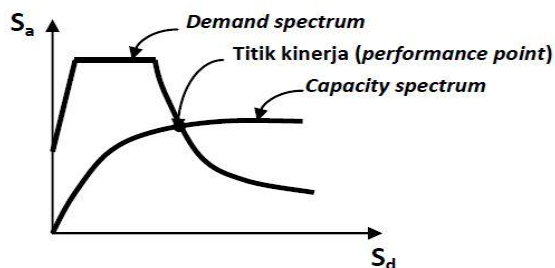
1. Hasil analisis *pushover* masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada analisis *pushover* adalah statik monotonik.

2. Pemilihan pola beban lateral yang digunakan dalam analisis adalah sangat penting.

3. Untuk membuat model analisis nonlinier akan lebih rumit dibanding model analisis linier. Analisis nonlinier harus memperhitungkan karakteristik inelastik beban-deformasi dari elemen-elemen yang penting dan efek P- D.

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya. Pada FEMA 273 dapat menjadi acuan bagi perencanaan berbasis kinerja maka kategori level kinerja struktur adalah:

- a) Segera dapat dipakai (*IO=Immediate Occupancy*)
- b) Keselamatan penghuni terjamin (*LS=Life Safety*)
- c) Terhindar dari keruntuhan total (*CP=Collapse*)



Gambar 2.6 Performance Point pada Capacity Spectrum Method

Tabel 2.10 Tingkat Kerusakan Struktur Akibat Terbentuknya Sendi Plastis Dalam Program Sap2000

keterangan	simbol	Penjelasan
B	●	Menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadinya pelepasan pertama pada struktur
IO	●	Terjadinya kerusakan struktur yang kecil atau tidak berarti pada struktur,kekakuan struktur hamper sama pada saat sebelum terjadi gempa
LS	●	Terjadi kerusakan dari kecil hingga tingkat sedang. Kekakuan strktur berkurang tetepi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan.
CP	●	Terjadi kerusakan yang parah pada struktur hingga kekuatan dan kekakuanya berkurang banyak
C	●	Batas maksimum gaya geser masih mampu ditahan gedung
D	●	Terjadi degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir collapse
E	●	Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur

(Sumber : NEHRP dan VISION 2000)

Tabel 2.11 Kriteria roof drift ratio dari SRPM dan SRBE untuk menentukan level kinerja

Level Kinerja	SRPMK	SRBE
Immediate Occupancy	$0\% < \text{Drift} < 1\%$	$0\% < \text{drift} < 0.5\%$
Life safety	$1\% < \text{Drift} < 2\%$	$0.5\% < \text{Drift} < 1.5\%$
Collapse prevention	$0\% < \text{Drift} < 4\%$	$1.5\% < \text{Drift} < 2\%$

(Sumber : FEMA 356 table C1-3)

Untuk target perpindahan pada titik kontrol T_e , ditentukan dari rumus berikut:

koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P delta

$$\text{Roof drift Ratio} = \frac{\delta}{H_{total}} \quad (2.40)$$

Tabel 2.12. Koefisien Faktor Bentuk

table 3-2 Values for modification Factor C_o1			
	shear buildings2		Other Buildings
	Triangular Load Pattern (1.1 1.2 1.3)	Uniform Load pattern (2.1)	
Number of stories			Any Load Pattern
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

(Sumber : FEMA 356 Table 3-2)

Tabel 2.13 Faktor Massa Efektif

Table 3-1 Values for Effective Mass Factor C_{m1}								
no. of stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-spandrel	Steel Moment frame	Steel Moment Frame	Steel Concentric Braced Frame	steel eccentric Braced Frame	other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0

(Sumber : FEMA 356 Table 3-1)

Tabel 2.14 Perubahan Faktor

Table 3-3 Values for Modification Factor C_2				
Struktur Performance Level	$T \leq 0.1$ seconds		$T \leq T_s$ seconds	
	Framing Type 1i	Framing Type 2i	Framing Type 1i	Framing Type 2i
Immediate Occupancy	1.0	1.0	1.0	1.0
Life Safety	1.3	1.0	1.1	1.0
Collapse Prevention	1.5	1.0	1.2	1.0

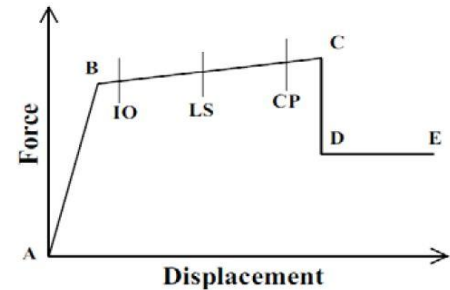
(Sumber : FEMA 356 Table 3-3)

2.5.1 Analisis struktur dan desain

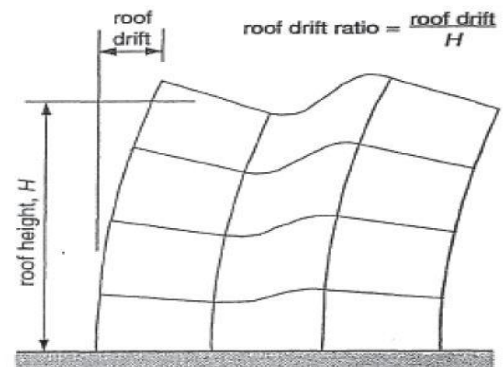
Dalam analisis statik nonlinear pushover, beban gravitasi dikerjakan terlebih dahulu kemudian beban horizontal monotonic secara bertahap dengan perbandingan yang tetap untuk setiap lantainya. Perilaku dari elemen struktur dalam memikul beban didefinisikan dengan terjadinya sendi plastis pada titik tertentu. perilaku sendi plastis pada saat pembebanan mengikuti gambar 2.10. Level kinerja bangunan dievaluasi berdasarkan kriteria *roof drift ratio* sesuai FEMA 356 seperti pada Gambar 2.11. Level kinerja *Life Safety* untuk SRPMK sebesar 2 % transient dan 1% permanent sedangkan untuk SRBE 1,5% transient dan 1% permanent (FEMA 356 table C1-3).

Proses desain dan analisis untuk evaluasi kinerja dilakukan secara berulang hingga tercapai level kinerja yang sama dari masing-masing struktur yaitu level kinerja *Life Safety*. Setelah tercapai level kinerja yang sama yaitu *life safety* dari masing masing model.

Perbandingan antara SRPMK dan SRBE dilakukan setelah model struktur mencapai level kinerja yang sama.



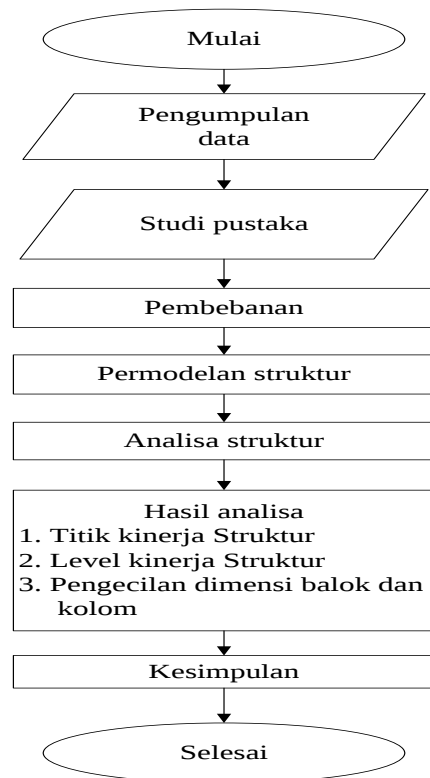
Gambar 2.7 Spektra Kapasitas
(Sumber: FEMA 356)



Gambar 2.8 ilustrasi roof drift ratio (Sumber: FEMA 273, 1997)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Flow Chart Penulisan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Flow chart

3.2. Pengumpulan Data

Data-Data Yang Digunakan Adalah Sebagai Berikut:

Nama Proyek : Proyek Gedung Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Lokasi Proyek : Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya
Zona Gempa : Zona 2 Kota Surabaya
Fungsi : Gedung Sekolah dan Fasilitas Pendidikan
Jumlah Lantai : 10 lantai (tidak termasuk atap)
Struktur Utama : beton bertulang
Tinggi Tiap Lantai : 4 m

3.3. Studi Literatur

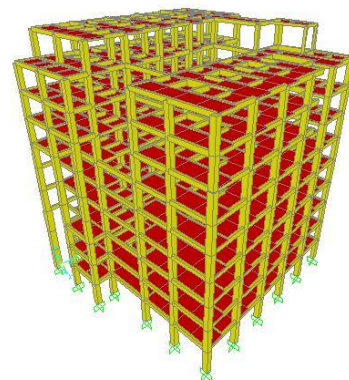
Pengumpulan pustaka ini didapatkan dari buku teks, jurnal ilmiah, tugas akhir kakak kelas terdahulu dan publikasi hasil para pakar di dunia teknik sipil, peraturan yang berlaku dari beberapa peneliti yang pernah melakukan penelitian. Dengan adanya pustaka yang sudah dikumpulkan dapat mempermudah untuk membahas beberapa hasil penelitian, terutama berhubungan dengan tema bahasan ini.

3.4 Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1726-2012 dimana disebutkan bahwa struktur akan menerima beban Mati beban Hidup beban Angin dan beban Gempa. Dan dilakukan kombinasi pembebanan sebagai berikut.

- 1,4D
- $1,2D+1,6L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D+1,6(L_r \text{ atau } R)+(L \text{ atau } 0,5w)$
- $1,2d+1,0W+L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $1,2D+1,0E+L$
- $0,9D+1,0W$
- $0,9D+1,0$

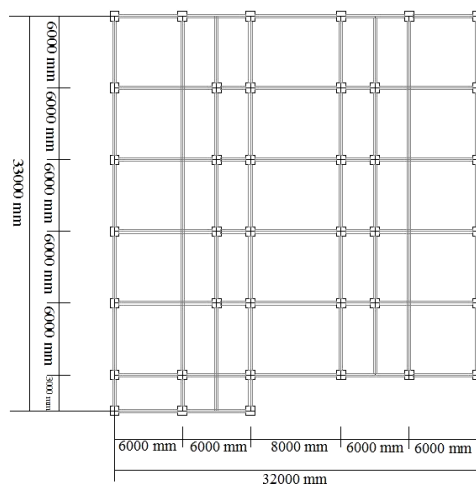
3.5. Permodelan Struktur



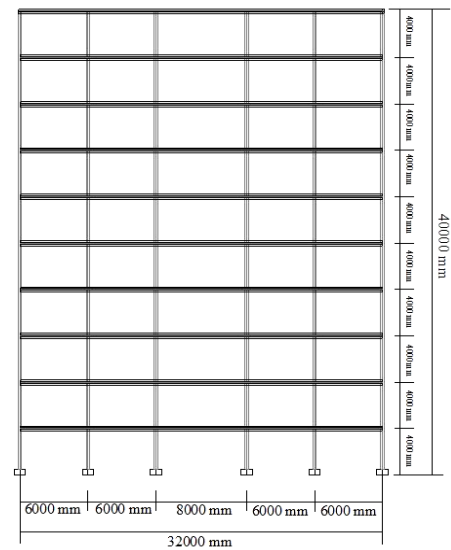
Gambar 3.2 Permodelan strktur
Tampak 3D (Sumber:
Permodelan SAP2000)

Penelitian ini menganalisis struktur Beton untuk gedung beraturan dengan panjang bentang 6 m pada Arah X dan Y dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan sistem rangka bresing eksentrik (SRBE) seperti terlihat masing-masing pada Gambar 3.3 s/d 3.6 dibawah ini.

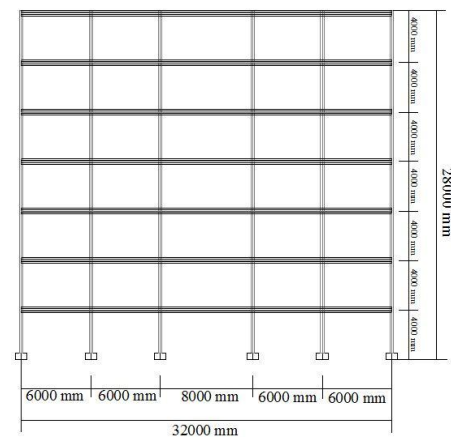
Adapun variasi jumlah tingkat yang ditinjau adalah 4, 7, dan 10 tingkat untuk mewakili struktur tingkat rendah, menengah dan tinggi. Pada model SRBE, Tipe bresing berbentuk tipe X. profil baja 300x300 dan 250x250, Semua model struktur memiliki tinggi tingkat 4 m. Komponen struktur kolom dan balok menggunakan mutu beton 30 Mpa dengan kuat leleh (f_y) dan ultimit (f_u) masing-masing 400 MPa dan 520 MPa. Modulus elastisitas baja (E_s) 200.000 MPa.



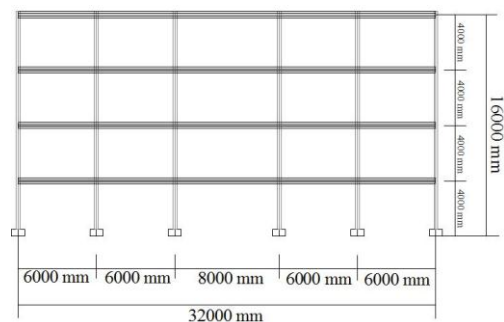
Gambar 3.3 Denah Model Struktur SRPMK (Sumber: Data Lapangan)



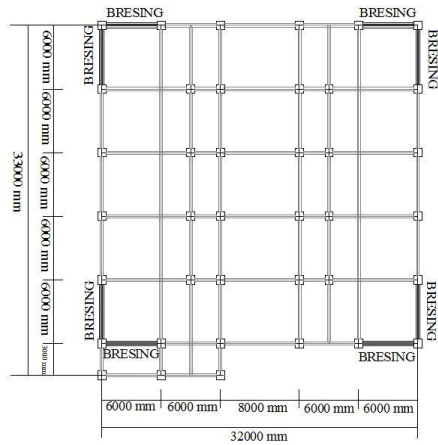
Gambar 3.4 Portal Model 10 Tingkat Tampak Samping SRPMK (Sumber: Data Lapangan)



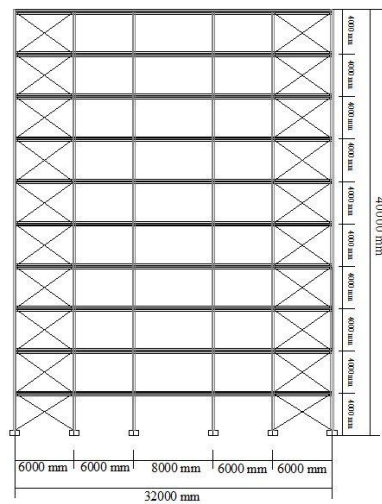
Gambar 3.5 Portal Model 7 Tingkat Tampak Samping SRPMK (Sumber: Data Lapangan)



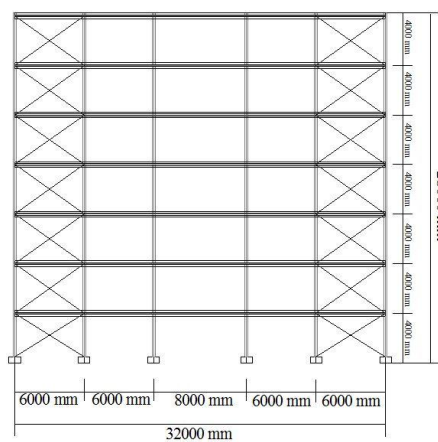
Gambar 3.6 Portal Model 4 Tingkat Tampak Samping SRPMK (Sumber: Data Lapangan)



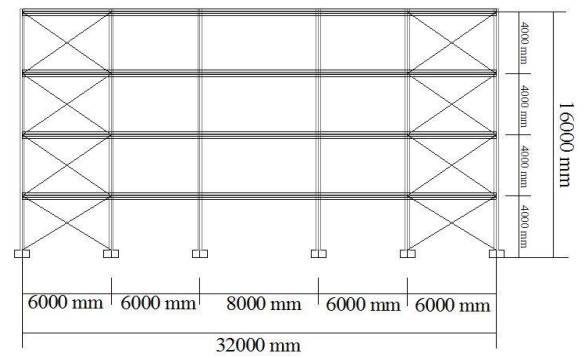
Gambar 3.7 Denah Model Struktur SRBE (Sumber: Data Lapangan)



Gambar 3.8 Portal Model 10 Tingkat Tampak Samping SRBE (Sumber: Data Lapangan)



Gambar 3.9 Portal Model 7 Tingkat Tampak Samping SRBE (Sumber: Data Lapangan)



Gambar 3.10 Portal Model 4 Tingkat Tampak Samping SRBE (Sumber: Data Lapangan)

3.6. Analisa Struktur Metode Pushover

Setelah data hasil analisa terkumpul kemudian penulis mulai melakukan perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan isi dari tugas akhir ini yaitu

1. Kurva kapasitas (*capacity curve*) merupakan kurva hubungan antara perpindahan lateral lantai teratas/atap (*displacement*) dengan gaya geser dasar (*base shear*) sebagai hasil dari analisis *pushover* untuk mencapai level kinerja yang sama.
2. Titik kinerja (*performance point*) atau target perpindahan gedung merupakan perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dan spektrum *demand* dalam format ADRS, yang menunjukkan bagaimana kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan. dan didapatkan nilai target perpindahan dan gaya geser dasar pada titik kontrol tinjauan yang saling berpotongan.
3. Level kinerja struktur (*structural performance levels*) ditentukan melalui kriteria *roof drift ratio* yang diperoleh pada saat target perpindahan titik kinerja tercapai.

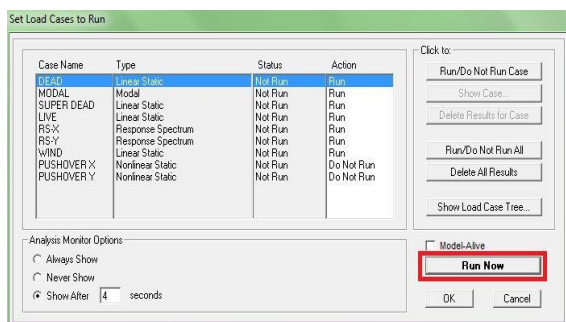
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pushover Pada Struktur

Berikut ini penjelasan mengenai langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam analisa pushover pada program SAP2000 serta hasil analisa pushover. Struktur direncanakan terlebih dahulu mengacu pada standar SNI- 2847 – 2013 dan SNI – 1726 -2012, dan FEMA 356 . data SAP2000 mengambil contoh pada gedung struktur Beton 4 tingkat yang telah dipasang *Bresing*.

Untuk Load Application Control dipilih Displacement Control dengan magnitude 1000 mm. Artinya struktur itu didorong sampai mencapai displacement 1000 mm atau 1 meter. Satuan yang saya gunakan untuk program Sap2000 adalah Kgf,m,C.

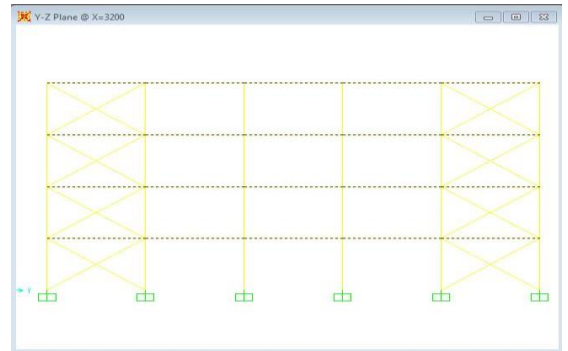
1. Mendefinisikan analysis case pembebanan untuk awal Run pertama, Khusus untuk beban mati pilih linear. Seperti pada contoh gambar 4.1.



Gambar 4.1. running pertama.
(Sap2000 v.14)

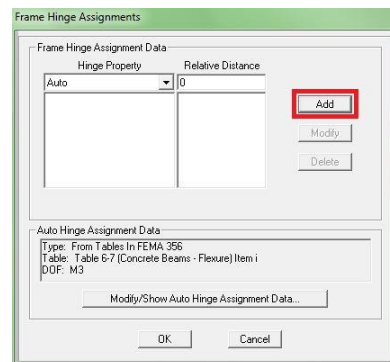
2. Selanjutnya buka gembok yang setelah di running tadi, lalu klik **select >> propertis >> frame section**, select semua balok.kolom

yang kita perlukan secara bergantian.

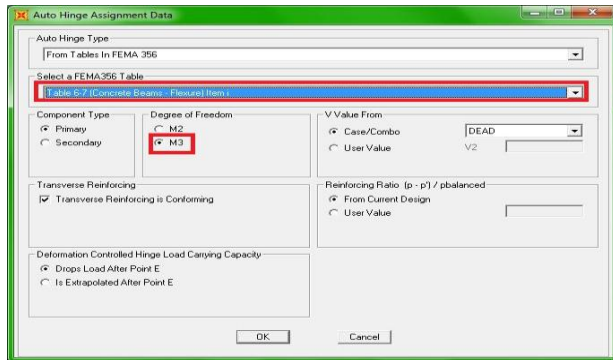


Gambar 4.2 Sclct balok dan kolom
(Sap2000 v.14)

3. Selanjutnya untuk elemen balok kita pilih hinges, klik **assign>>frame>>hinges**, lalu klik **add** dan akan muncul window **auto hinge assignment data** seperti gambar 4.4 – pilih material yang kita gunakan, karena menggunakan material beton, kita pilih **concrete beam** , lalu pilih rotasi kebebasan untuk balok yaitu M3 lalu klik ok.

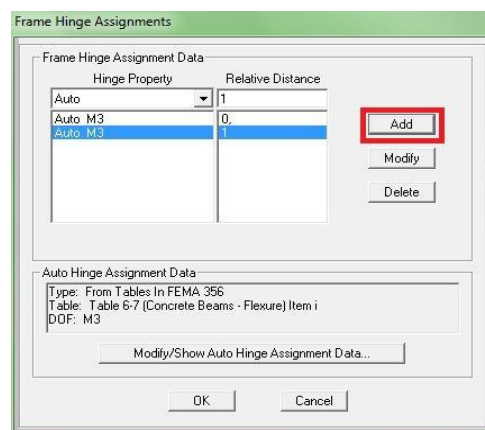


Gambar 4.3 frame hinge
(Sap2000 v.14)



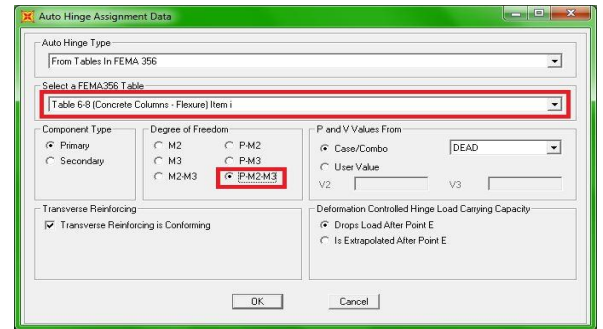
Gambar 4.4 auto hinge assignment data untuk balok (Sap2000 v.14)

Selanjutnya pada kotak auto isi dengan angka 1, lalu klik add dan kita pilih seperti langkah gambar 4,4. Lalu klik ok. Dan akan ditampilkan seperti gambar 4.5.



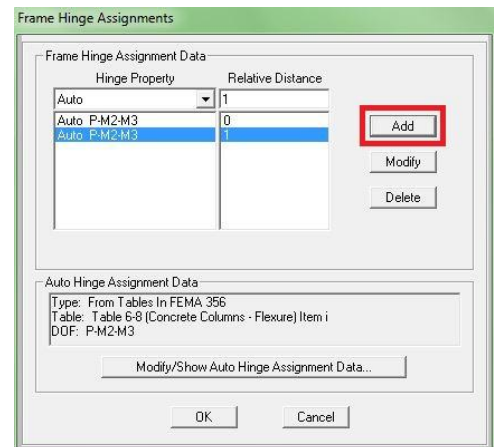
Gambar 4.5 frame hinge assignment untuk balok (Sap2000 v.14)

4. selanjutnya untuk kolom sama kita select kolom terlebih dahulu lalu klik **assign >> frame >> hinges**, lalu klik add dan akan muncul window **auto hinge assignment data** lalu klik **add** dan akan muncul seperti gambar 4.4. untuk kolom karena menggunakan material beton, pilih **concrete columns**, dan rotasi kebebasan untuk kolom kita pilih P-M2M3. Lalu klik ok.



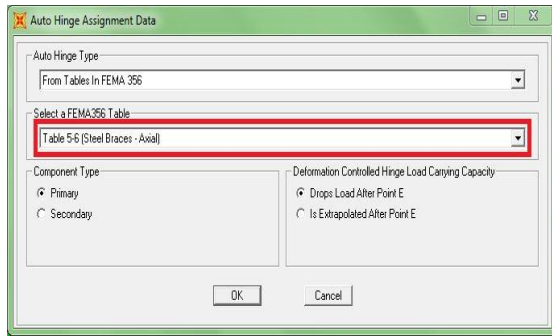
Gambar 4.6 auto hinge assignment data untuk kolom (Sap2000 v.14)

Selanjutnya pada kotak auto isi dengan angka 1, lalu klik add dan kita pilih seperti langkah gambar 4,4. Lalu klik **Ok**. Dan akan muncul seperti gambar 4.7.



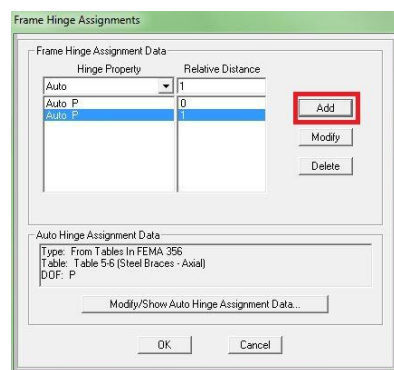
Gambar 4.7 frame hinge assignment untuk kolom (Sap2000 v.14)

5. untuk element brasing sama kita pilih **Assign >> Frame >> Hinges**, lalu klik add dan akan muncul Window **Auto Hinge Assignment Data** lalu klik add dan akan muncul seperti gambar 4.8. pilih **steel braces**.



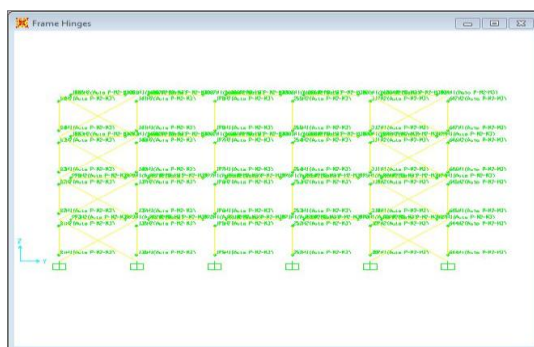
Gambar 4.8. auto hinge assignment data untuk bresing (Sap2000 v.14)

Selanjutnya pada kotak auto isi dengan angka 1, lalu klik add dan kita pilih seperti langkah gambar 4,4. Lalu klik **Ok**. Dan akan muncul seperti gambar 4.9.



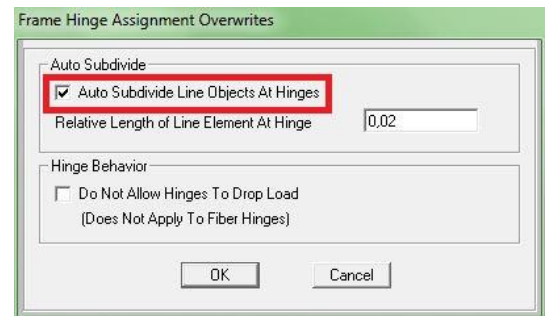
Gambar 4.9 Frame Hinge Assignment untuk bresing (Sap2000 v.14)

Setelah semua struktur kita select, akan muncul tampilan seperti gambar 4.11



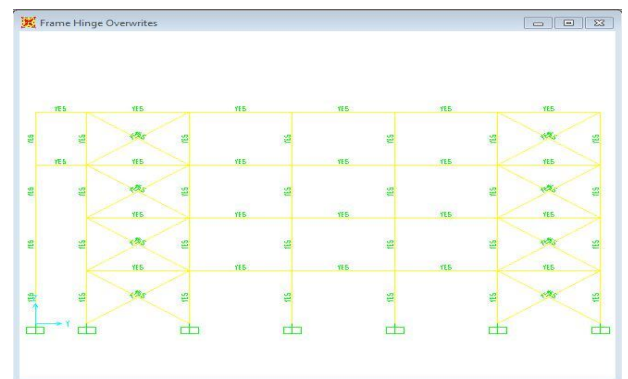
Gambar 4.10 hasil frame yang telah di hinge (Sap2000 v.14)

Selanjutnya semua element kita select all lalu klik **Assign >> Frame >> Hinge Overwrites** dan akan muncul window seperti gambar 4.12, selanjutnya kita centang **Auto Subdivide Line Objects At Hinges**, Lalu ok.



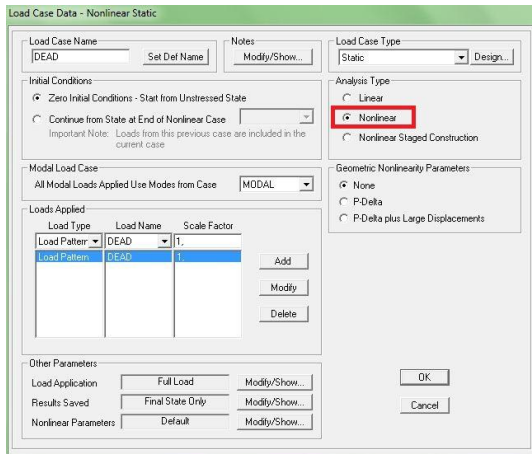
Gambar 4.11 Auto Subdivide Line Objects At Hinges (Sap2000 v.14)

Selanjutnya akan muncul tampilan seperti gambar 4.13, pada struktur kita select, akan muncul tulisan yes jika elemen memenuhi kekuatan.



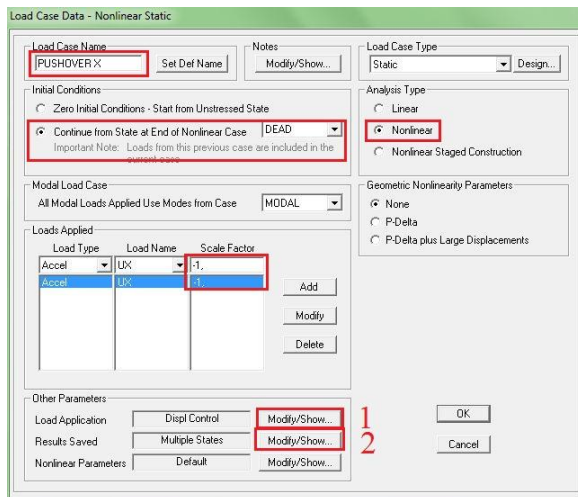
Gambar 4.12 Frame Hinge Overwrites (Sap2000) v.14)

6. Tahap selanjutnya *running* ke 2 pada pembebanan untuk *Running* ke 2 pada pembebanan *Load Case* beban mati atau *Dead* yang awalnya analisa type *linear* kita rubah menjad *nonlinear*. Seperti Gambar 4.14. lalu Ok.



Gambar 4.13 Load case data beban dead (Sap2000 v.14)

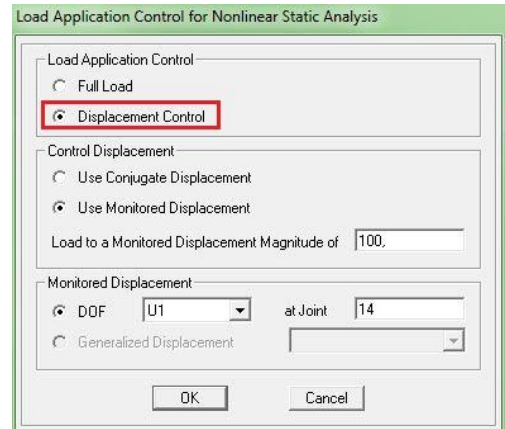
Lalu kita buat load case untuk pushover arah X dan arah Y, isi keterangan nama pada load case name, untuk analysis type pilih **nonlinear**, kita centang **Continue From State At End Of Nonlinear Case** dan pilih **Dead**. untuk load applied dengan skala factor -1, Lalu add .seperti contohi gambar 4.15. dan untuk Pushover arah Y stepnya sama.



Gambar 4.14 Load Case data beban pushover X (Sap2000 v.14)

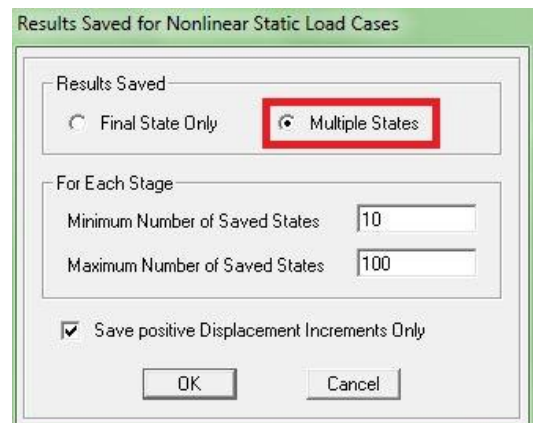
Untuk Load Application Control dipilih Displacement Control dengan magnitude 1000 mm. Artinya struktur itu didorong sampai mencapai displacement 1000 mm

atau 1 meter. Satuan yang saya gunakan untuk program Sap2000 adalah Kgf,m,C. lalu klik Ok

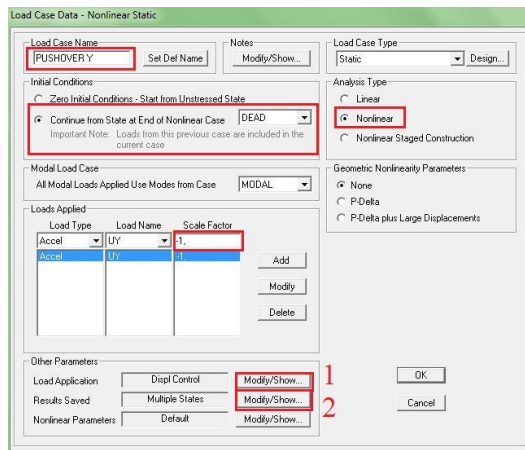


Gambar 4.15 step 1 Load Application Control data beban pushover X (Sap2000 v.14)

Kemudian untuk Result Saved kita pilih **Multiple States**, Artinya struktur setelah didorong menghasilkan output multi step. Step 1, 2, 3 sampai dengan step dimana displacement sudah mencapai 1000 mm. selanjutnya klik Ok.

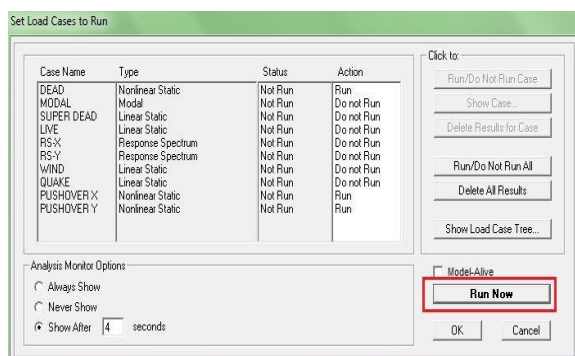


Gambar 4.16 step 2 Results Save For Nonlinear Static Load Case data beban pushover X (Sap2000 v.14)



Gambar 4.17 Load case data beban pushover Y (Sap2000 v.14)

Untuk running kedua kita hanya memilih *Dead*, *Pushover X* dan *Pushover Y*, yang lain kita abaikan, seperti gambar 4.19. dan klik *Run Now*.



Gambar 4.18 Running kedua (Sap2000 v.14)

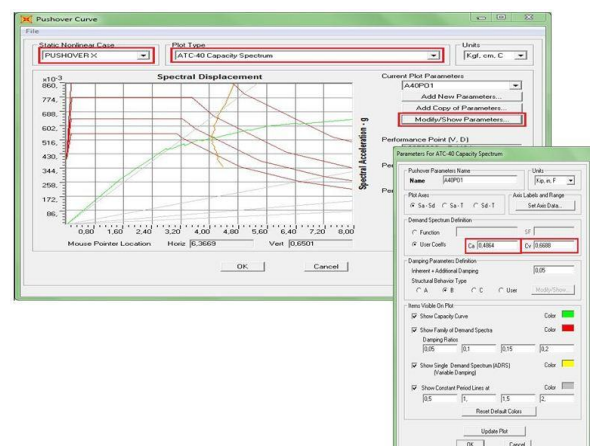
- Selanjutnya kita akan menampilkan hasil run kedua yaitu kurva pushover untuk arah X, pertama klik **display>>Show Static Pushover Curve**. akan muncul window *Pushover Curve*, pada kolom **Static Nonlinear Curva** pilih *Pushover-X*, pada plot type Pilih **Atc-40 Capacity Spectrum**. Selanjutnya klik **Modify / Show Parameters** dan akan tampil window **Parameter For Atc-40 Capacity Spectrum**. seperti Gambar 4.21, Pada kolom

S_{DS} dan S_{D1} kita isi data sesuai respon spectrum zona gempa 2 kota Surabaya pada SNI 1726-2012. Yaitu $S_{DS} = 0,6688$ dan $S_{D1} = 0,4864$.



Gambar 4.19 grafik Respon spectrum Surabaya Tanah Lunak (puskim.pu.go.id)

Dan diperoleh *Performa Point* pada grafik **Parameter For Atc-40 Capacity Spectrum** sebesar 58,666 mm.



Gambar 4.20 Parameter For Atc-40 Capacity Spectrum (Sap2000 v.14)

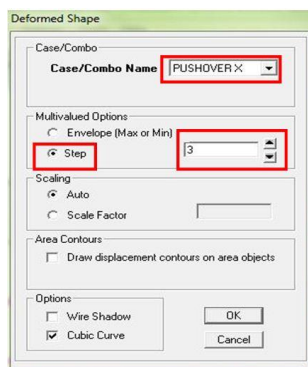
Setelah angka S_{DS} dan S_{D1} dimasukan. Kolom *Plot Type* Pilih **Resultantbase Shear Vs Monitored Displacement**, klik **file>>Display Table**, dan akan muncul Tabel. *Resultantbase Shear Vs Monitored Displacement* seperti gambar Gambar 4.22 Selanjutnya dari gambar 4,21 diperoleh *Performa*

Point target perpindahan sebesar 58,666 mm. terdapat diantara perpindahan step 3 (48,066388 mm) dan step 4 (61,218447 mm), Gambar 4.22 yang telah diberi tanda merah. hal tersebut berarti kondisi struktur akibat gempa (banyaknya sendi plastis yang terjadi) berada diantara dua step tersebut. Akan tetapi, untuk pembacaan kinerja struktur diambil kondisi yang paling buruk yaitu kondisi step 3 saat perpindahan 48,066388 mm yaitu kondisi IO-LS.

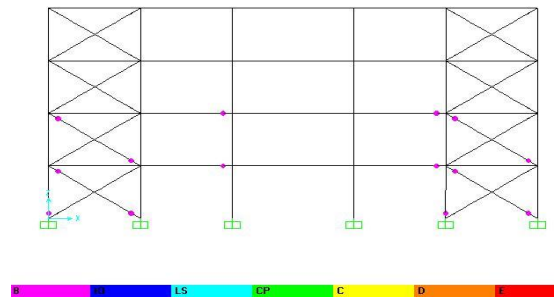
Step	Displacement mm	BaseForce KN	AtaB	BtaD	IDtaLS	LShtCP	CPhtC	DtaD	DtaE	BeyondE	Total
0	0,221529	0,000	1246	1	0	0	0	0	0	0	1246
1	1,921009	942,827	1242	4	0	0	0	0	0	0	1246
2	48,066388	25065,77	1189	57	0	0	0	0	0	0	1246
3	48,066388	25065,76	1189	57	0	0	0	0	0	0	1246
4	61,218447	29877,21	1159	79	1	0	0	1	0	0	1246

Gambar 4.21 Resultant base Shear Vs Monitored Displacement, Pushover-X (Sap2000 v.14)

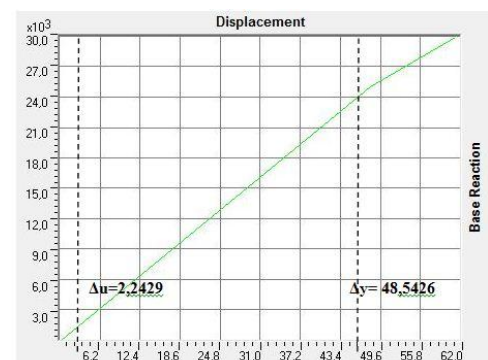
- Selanjutnya kita akan menampilkan spektrum warna kapasitas pada elemen, klik **Display >> Show Deformed Shape F6** dan akan muncul window *Deformed shape*, pilih *Pushover X* pada *Case/Combo*, centang *step*, pilih step ke 3.



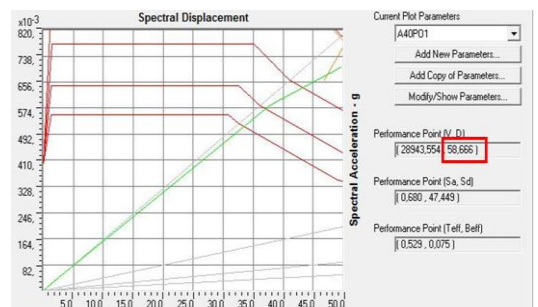
Gambar 4.22 Deformed Shape untuk mengetahui lokasi sendi plastis yang terbentuk (Sap2000 v.14)



Gambar 4.23 SRBE lantai 4 Pushover-X step 3 (Sumber Permodelan Sap2000)



Gambar 4.24 Kurva Pushover SRBE 4 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)

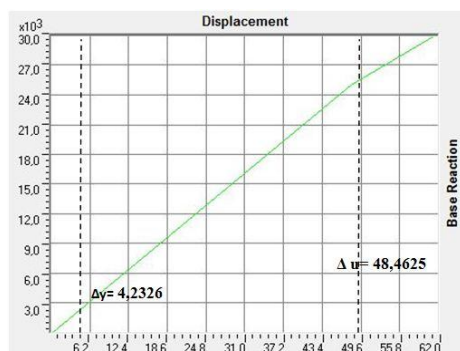


Gambar 4.25 Kurva Parameter For Atc-40 Capacity Spectrum SRBE 4 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)

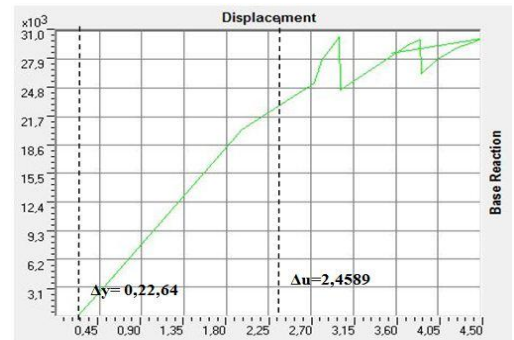
4.2 Kurva Pushover Hasil Analisis Pushover

Kurva hasil analisis pushover berupa kurva hubungan antara gaya geser dasar (V) dengan simpangan horizontal atap. untuk masing-masing variasi jumlah

tingkat yang ditinjau. Perilaku kurva pushover dari model struktur SRPMK untuk 4, 7, dan 10 tingkat memiliki kecenderungan yang sama, begitu juga untuk model struktur SRBE. Untuk model struktur SRPMK, gaya geser dasar terus meningkat sampai keruntuhan terjadi yang diidentifikasi oleh terjadinya beberapa sendi plastis mencapai kondisi *collapse*. Hal ini berbeda dengan perilaku model struktur SRBE dimana setelah tercapai gaya geser maksimum, kemampuan struktur menahan beban naik-turun (*jagness*). Kondisi *jagness* dari kurva pushover model SRBE mungkin disebabkan adanya interaksi dari bresing. Bila dilihat dari kemiringan dalam menuju beban puncaknya, struktur SRBE memiliki kekakuan yang jauh lebih besar dari SRPMK untuk semua tingkat yang ditinjau. Untuk mencapai level kinerja yang sama dari model struktur dengan dimensi-dimensi yang diperoleh hasil desain sesuai beban berlaku, terlihat bahwa deformasi horizontal SRPMK jauh lebih besar dari SRBE.



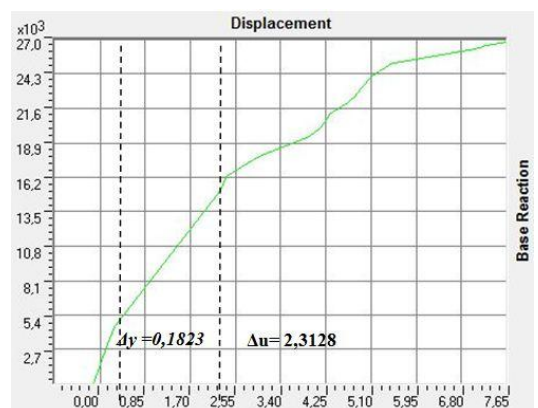
Gambar 4.26 Kurva Pushover SRPMK 4 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)



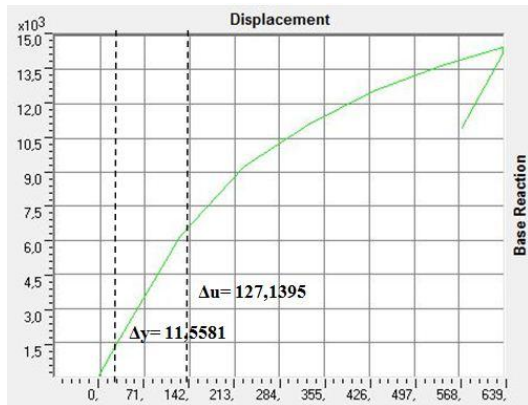
Gambar 4.27 Kurva Pushover SRPMK 4 Lantai Arah Y (Sap2000 v.14)



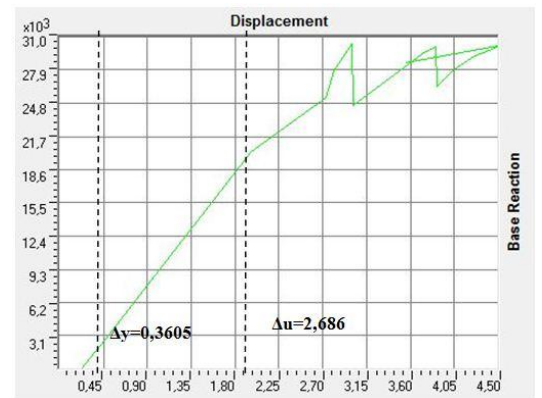
Gambar 4.28 Kurva Pushover SRPMK 7 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)



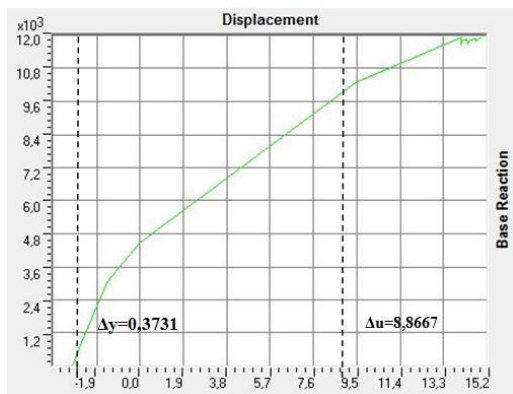
Gambar 4.29 Kurva Pushover SRPMK 7 Lantai Arah Y (Sap2000 v.14)



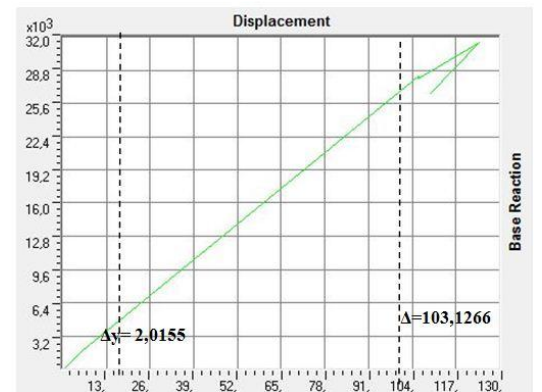
Gambar 4.30 Kurva Pushover SRPMK 10 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)



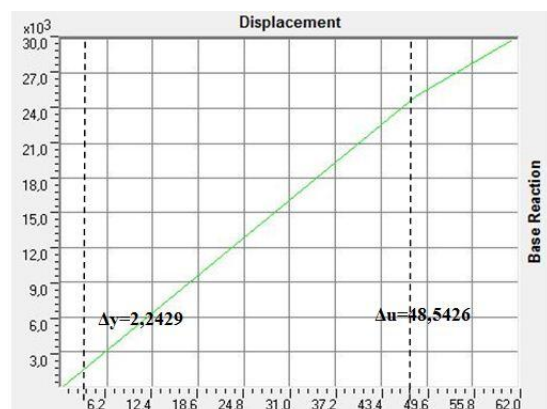
Gambar 4.33 Kurva Pushover SRBE 4 Lantai Arah Y (Sap2000 v.14)



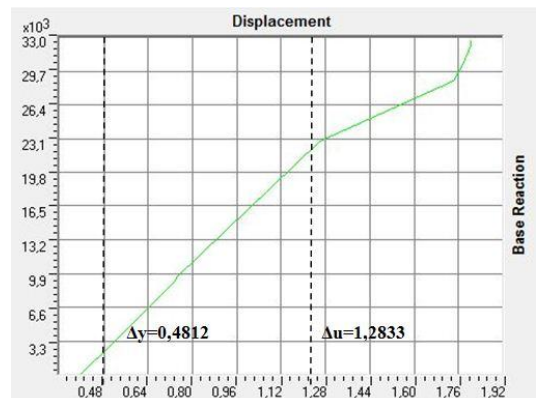
Gambar 4.31 Kurva Pushover SRPMK 10 Lantai Arah Y (Sap2000 v.14)



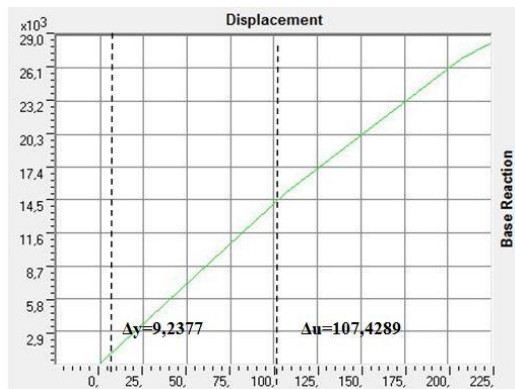
Gambar 4.34 Kurva Pushover SRBE 7 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)



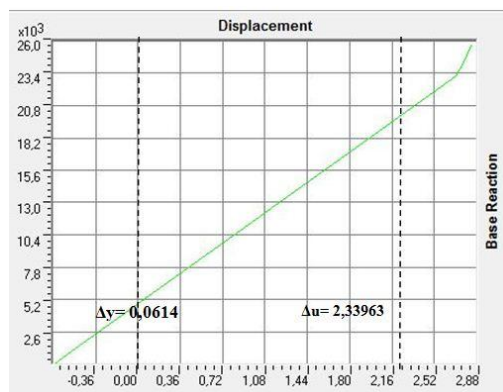
Gambar 4.32 Kurva Pushover SRBE 4 Lantai Arah X (Sap2000 v.14)



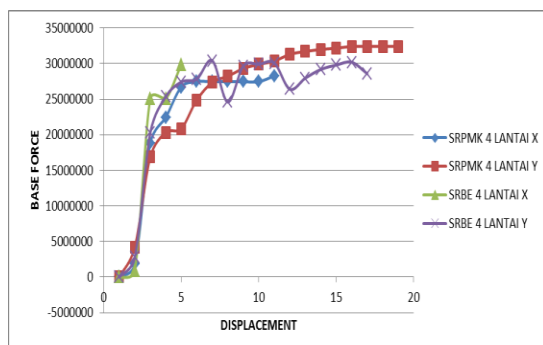
Gambar 4.35 Kurva Pushover SRBE 7 Lantai Arah Y (Sap2000 v.14)



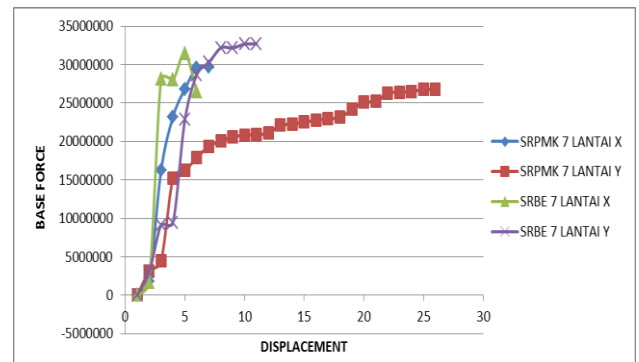
Gambar 4.36 Kurva Pushover SRBE 10 Lantai Aras X (Sap2000 v.14)



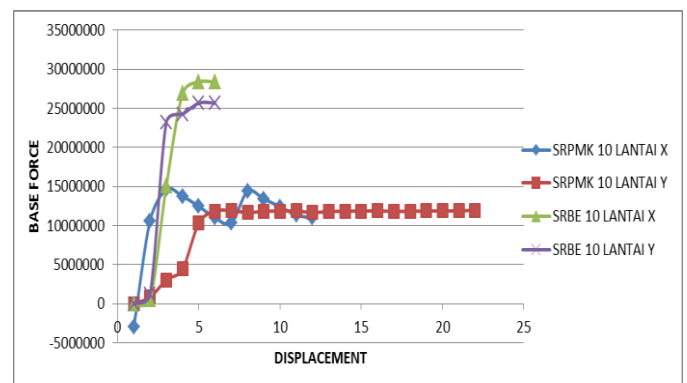
Gambar 4.37 Kurva Pushover SRBE 10 Lantai Aras Y (Sap2000 v.14)



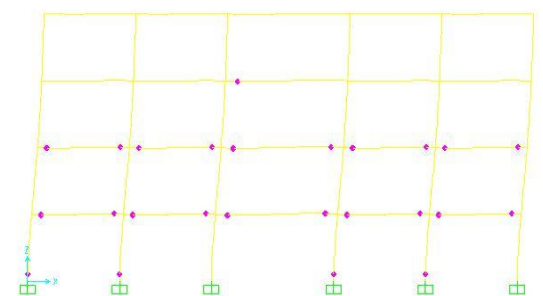
Gambar 4.38 Grafik perbandingan kurva *Pushover* model SRPMK dan SRBE 4 tingkat dalam arah X dan Y (Ms excel)



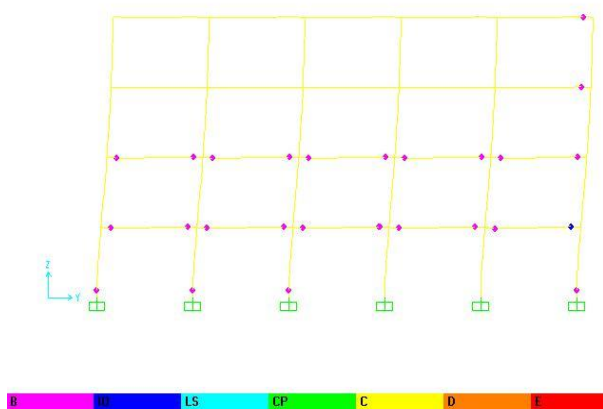
Gambar 4.39 Grafik perbandingan kurva *Pushover* model SRPMK dan SRBE 7 tingkat dalam arah X dan Y (Ms excel)



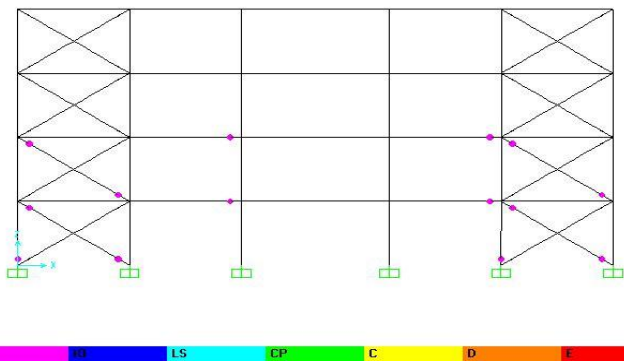
Gambar 4.40 Grafik perbandingan kurva *Pushover* model SRPMK dan SRBE 10 tingkat dalam arah X dan Y (Ms excel)



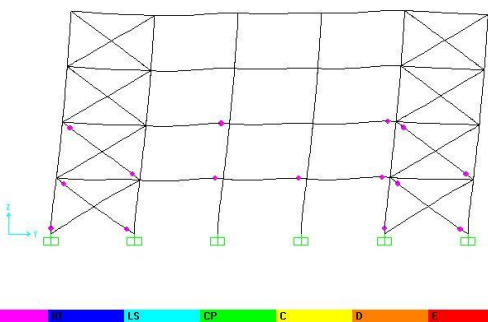
Gambar 4.41 SRPMK lantai 4 arah X step 3 (Sumber Permodelan Sap2000)



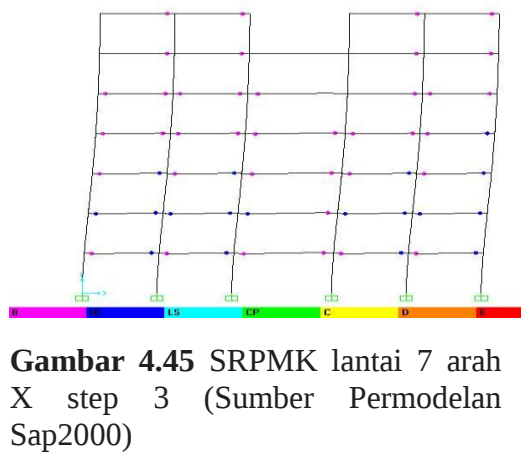
Gambar 4.42 SRPMK lantai 4 arah Y step 6 (Sumber Permodelan Sap2000)



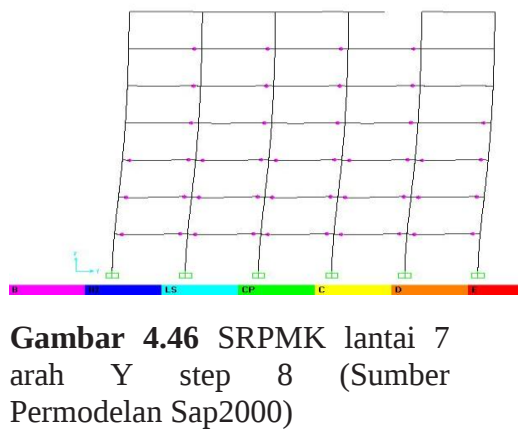
Gambar 4.43 SRBE lantai 4 arah X step 3 (Sumber Permodelan Sap2000)



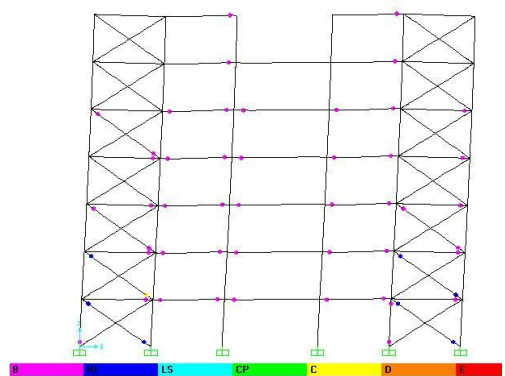
Gambar 4.44 SRBE lantai 4 arah Y step 5 (Sumber Permodelan Sap2000)



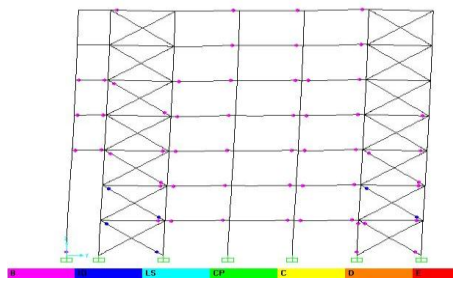
Gambar 4.45 SRPMK lantai 7 arah X step 3 (Sumber Permodelan Sap2000)



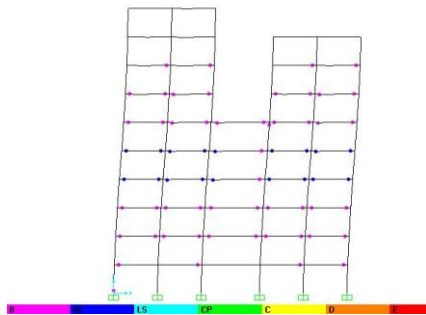
Gambar 4.46 SRPMK lantai 7 arah Y step 8 (Sumber Permodelan Sap2000)



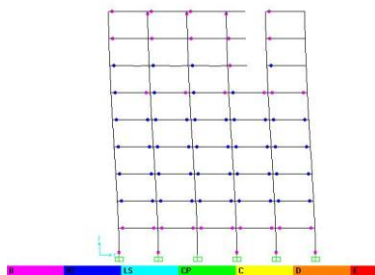
Gambar 4.47 SRBE lantai 7 arah X step 4 (Sumber Permodelan Sap2000)



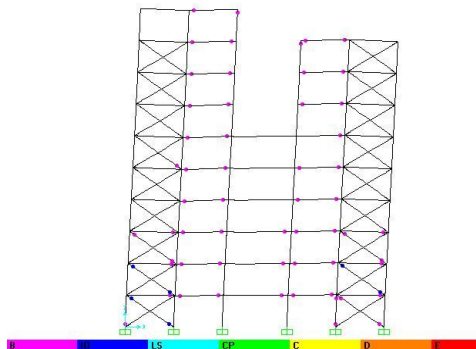
Gambar 4.48 SRBE lantai 7 arah Y step 7 (Sumber Permodelan Sap2000)



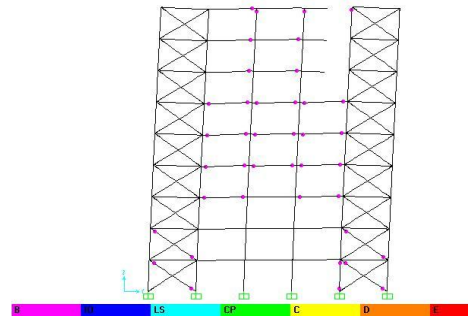
Gambar 4.49 SRPMK lantai 10 arah X step 4 (Sumber Permodelan Sap2000)



Gambar 4.50 SRPMK lantai 10 arah Y step 4 (Sumber Permodelan Sap2000)



Gambar 4.51 SRBE lantai 10 arah X step 3 (Sumber Permodelan Sap2000)



Gambar 4.52 SRBE lantai 10 arah Y step 4 (Sumber Permodelan Sap2000)

4.3 Level Kinerja struktur

Pada Level kinerja dari semua model struktur diukur berdasarkan *roof drift ratio* pada saat target perpindahan tercapai seperti terlihat pada Tabel 4.1. Sebagai contoh perhitungan diambil model struktur SRBE 4 tingkat pada arah X dimana target perpindahan tercapai pada step 14 yaitu sebesar (δt) 43,499 mm, dengan gaya geser seismic sebesar 24891895,8 kN. Level kinerja kemudian didapat dari hasil perhitungan *roof drift ratio* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Roof drift Ratio} = \frac{\delta t}{H_{\text{total}}}$$

$$= \frac{58,666}{16000} = 0,00366 = 0,366\%$$

Tabel 4.1 target perpindahan dan level kinerja

	4				7				10			
	SRPMK		SRBE		SRPMK		SRBE		SRPMK		SRBE	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
δ (mm)	85,669	3,811	58,666	2,917	171,226	4,237	117,951	1,782	281,999	6,153	190,208	2,819
V target (KN)	22436,571	27370,127	25065,76	27826,73	23218,144	20633,015	31454,816	32172,88	11099,696	10304,811	26892,79	26668,354
displacement	106,27068	4,911668	48,066388	2,811284	212,8565	4,251224	124,04409	1,8056	227,75019	9,47329	207,8805	2,8379
roof drift ratio (%)	0,535	0,023	0,366	0,01	0,611	0,015	0,421	0,0065	0,704	0,015	0,47	0,007
Δy	77,4625	2,4589	48,5426	2,686	104,8088	2,3128	103,1266	1,2833	127,1395	8,8667	107,4209	2,3963
Δu	42326	0,2264	2,2429	0,3605	7,6512	0,1823	2,0155	0,4812	11,5501	0,3731	9,2377	0,0614
level kinerja	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS	10-LS

(sumber: analisa perhitungan)

Tabel 4.2 Perubahan Dimensi Komponen Struktur Untuk Masing-Masing Model

	4				7				10			
	SRPMK		SRBE		SRPMK		SRBE		SRPMK		SRBE	
	NAMA	tu ts	NAMA	tu ts	NAMA	tu ts	NAMA	tu ts	NAMA	tu ts	NAMA	tu ts
BALOK	B1 600x400	22 13	B1 600x300	16 13	B1 750x450	16 13	B1 650x350	22 13	B4 500x350	16 13	B1 650x350	16 13
	B2 600x400	22 13	B2 550x300	16 13	B2 750x400	16 13	B2 700x400	16 13	B5 500x300	16 13	B4 500x350	16 13
	B3 650x350	16 13	B3 400x250	16 13	B3 700x400	16 13	B3 650x350	16 13	B2 350x200	16 13	B5 500x300	16 13
	B3-A 600x400	19 13	B3-B 600x400	16 13	B3-A 600x400	19 13	B3-A 600x400	22 13	B3-A 300x200	16 13	B2 350x200	16 13
	B3-B 600x400	16 13	B3-B 600x400	16 13	B3-B 600x400	16 13	B3-B 600x400	16 13	B4A 400x250	16 13	B3 300x150	16 13
	B4 300x200	16 13	K1 550x550	19 13	B4 300x150	16 13	B4 300x150	22 13	K3 560x560	22 13	K1 600x600	19 13
	B4 300x150	16 13	K2 800x400	19 13	B4 300x200	16 13	B4 300x150	19 13	K4 500x500	22 13	K2 500x600	19 13
	K1 650x650	22 13	BRESING 300x300	- -	B4 300x200	16 13	B4 300x150	16 13	K5 400x400	22 13	K3 400x400	19 13
	K2 850x480	22 13	- -	- -	K1 700x700	22 13	K1 600x600	22 13	- -	- -	BRESING 300x300	- -
	K7 1000x1000	22 13	- -	- -	K2 900x500	22 13	K2 850x450	22 13	- -	- -	BRESING 250x250	- -
KOLOM	- -	- -	- -	- -	K7 1000x1000	22 13	K7 1000x1000	22 13	- -	- -	- -	- -
	- -	- -	- -	- -	BRESING 300x300	- -	BRESING 300x300	- -	- -	- -	- -	- -
	- -	- -	- -	- -	BRESING 250x250	- -	BRESING 250x250	- -	- -	- -	- -	- -
	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

(Sumber: data Sekunder Dan Analisa Perhitung)

4.4 Perhitungan struktur

Perhitungan Sebagai contoh perhitungan desain balok dan kolom dipilik pada gedung tingkat 4 SRBE pada balok induk B1 750x400 memiliki nilai momen yang paling besar dan pada kolom K1 750x750

4.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur tumpuan Balok B1

Data yang telah di dapatkan :

$M_u = 557.742.310 \text{ Nmm}$ (SAP2000 v.14 - Lantai 4)

$F_y = 400 \text{ MPa}$

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

$\beta_1 = 0,85$ (SNI 2847-2013,Pasal 10.2.7.3)

$\emptyset = 0,9$ (SNI 2847-2013,Pasal 9.3.2.1)

$b = 400 \text{ mm}$

$h = 750 \text{ mm}$

$\emptyset_s = 10 \text{ mm}$

$T_s = 40 \text{ mm}$

$D_{tul} = 16 \text{ mm}$

$d = 692 \text{ mm}$

$a = 85 \text{ mm}$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 624928922,634 \text{ Nmm} \geq 557742310 \text{ Nmm}$$

$$= 562436030,370 \text{ Nmm} \geq 557742310 \text{ Nmm}$$

(OK)

Hasil yang Diperoleh (OK) Jadi, dimesnsi dan tulangan lentur yang terpasang pada balok B1 telah memenuhi syarat untuk desain tulangan lentur.

4.4.2 Perhitungan Tulangan Geser tumpuan Balok B1

$$V_u = 370432,79 \text{ Nmm}$$

(SAP2000 v.14 - Lantai 4)

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

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

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (SNI 2847- 2013, Pasal 10.2.7.3)}$$

$$\emptyset = 0,75 \text{ (SNI 2847 - 2013, Pasal 9.3.2.1)}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$\emptyset_s = 10 \text{ mm}$$

$$t_s = 40 \text{ mm}$$

$$D_{tul \text{ Tarik}} = 16 \text{ mm}$$

$$D_{tul} = 16 \text{ mm}$$

$$\emptyset V_c \geq V_u$$

$$533.859 \text{ Nmm} \geq 370.433 \text{ Nmm}$$

(OK)

4.4.3 Perhitungan Tulangan Torsi tumpuan Balok B1

$$T_u = 137137568,8 \text{ N (SAP 2000 v.14 - Lantai 4)}$$

$$V_u = 370432,79 \text{ Nmm (SAP2000 v.14 - Lantai 4)}$$

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

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

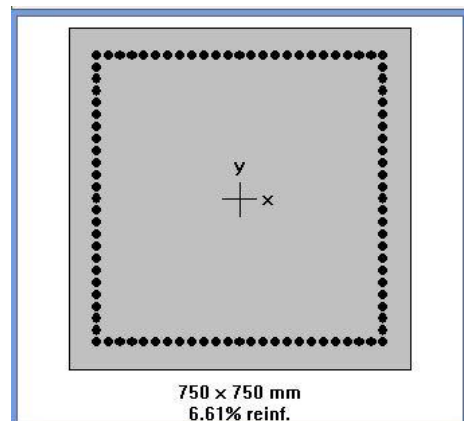
$$\beta_1 = 0,85 \text{ (SNI 2847-2013 , Pasal 10.2.7.3)}$$

$$\emptyset = 0,75 \text{ (SNI 2847 – 2013 ,Pasal 9.3.2.1)}$$

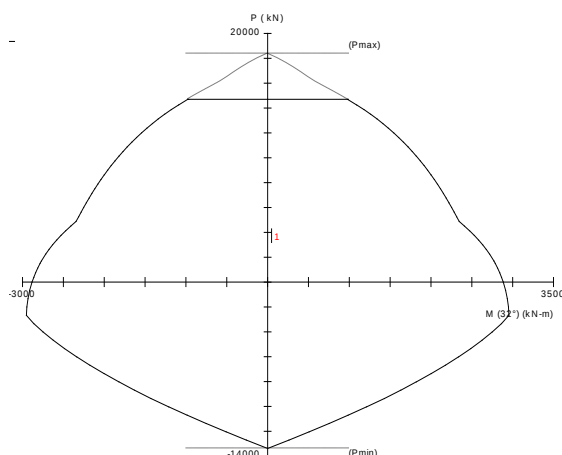
B = 400 mm
 h = 750 mm
 $\varnothing_s$ = 10 mm
 ts = 40 mm
 D.tul Tarik = 16 mm
 D.tul Tekan = 16 mm
 $378,89 > 45,64 > 44,44$
(OKE)

4.4.4 Analisa jumlah tulangan pada Kolom K1

Untuk Analisa kekuatan kolom dan berapa jumlah tulangan yang harus dibutuhkan oleh kolom dengan menggunakan program bantuan pcaColumn .



Gambar 4.53 Presentase Tulangan Kolom K1 (pcaColumn)



Gambar 4.54 Diagram Interaksi Kuat Desain Kolom k1 (pcaColumn)

4.4.5 PERHITUNGAN SAMBUNGAN BAUT

1) Data sambungan

a) Profil baja: WF 300.300.

ht= 300 mm

bf= 300 mm

tw= 10 mm

r = 18 mm

A= 119,8 mm²

lx= 13,1 mm⁴

ly= 7,51 mm⁴

rx= 105 mm

ry= 60,9 mm

Zx= 1360 mm³

Zy= 450 mm³

Tabel 4.3 Data koordinat Baut

No	x_i (mm)	y_i (mm)
1	-50	-90
2	50	-90
3	-50	-30
4	50	-30
5	-50	30
6	50	30
7	-50	90
8	50	90

Tabel 4.4 Gaya Pada Masing-Masing Baut

No	X_i (mm) (mm)	Y_i (mm) (mm)	X_{i2} (mm ²) (mm ²)	Y_{i2} (mm ²) (mm ²)	R_{uyi} (N) (N)	R_{uxi} (N) (N)
1	-50	-90	2500	8100	-37435	-67383
2	50	-90	2500	8100	-37435	-67383
3	-50	-30	2500	900	-37435	-22461
4	50	-30	2500	900	-37435	-22461
5	-50	30	2500	900	-37435	22461
6	50	30	2500	900	-37435	22461
7	-50	90	2500	8100	-37435	67383
8	50	90	2500	8100	-37435	67383
Σ=			20000	36000		

4.5 Perbandingan Material

4.5.1. Perbandingan Efisiensi Berat

Hasil Berat material pada masing-masing model struktur di berikan pada Tabel 4.6. Hasil Grafik pada Gambar 4.55 menunjukkan bahwa Berat material pada SRPMK lebih Berat dari pada SRBE. Gambar 4.55 juga menunjukan bahwa semakin tinggi jumlah tingkat dari suatu gedung, maka selisih berat material semakin besar.

Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 29%, (489,59 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 1199,76 Ton.

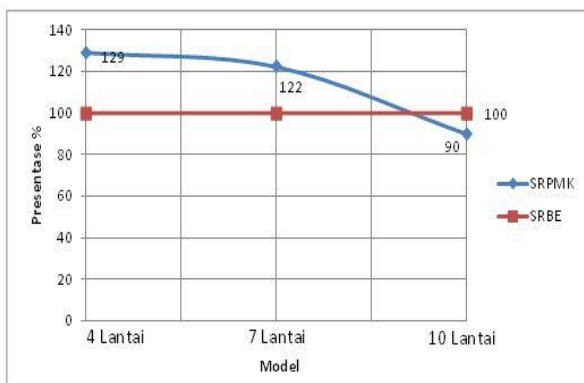
Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 22%, (755,13 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 2648,62 Ton..

Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih ringan sebesar 10% (317,78 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 3121,23 Ton.

Tabel 4.6. Perbandingan Berat dan Harga Material

Model	Jenis Struktur	Harga material	Persentase	Berat material	Persentase
		(ton)	(%)	(ton)	(%)
1	SRPMK LT 4	Rp 12.588.443.442	51%	1689,35	129%
2	SRBE LT 4	Rp 24.784.647.719	100%	1199,76	100%
3	SRPMK LT 7	Rp 16.682.930.520	92%	3403,75	122%
4	SRBE LT 7	Rp 18.037.196.756	100%	2648,62	100%
5	SRPMK LT 10	Rp 87.456.311.492	155%	2803,45	90%
6	SRBE LT 10	Rp 24.656.592.702	100%	3121,23	100%

(Sumber: Analisa Perhitungan)

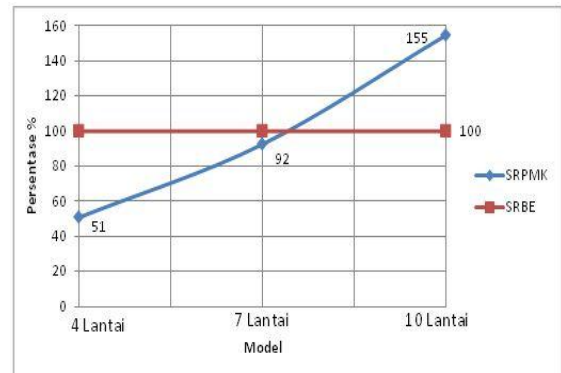


Gambar 4.55. Grafik Persentase Perbandingan Berat Material
(Sumber: Analisa Perhitungan)

4.5.1. Perbandingan Efisiensi Harga

masing model struktur ditunjukkan pada tabel 4.6. Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 49,2% (Rp. 12.196.204.277) dibandingkan dengan SRBE 4 lantai sebesar Rp. 24.784.647.719. Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 7,5%, (Rp.1.354.266.235) dibandingkan

dengan SRBE 7 lantai sebesar Rp. 18.037.196.756. Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih mahal sebesar 254,7% (Rp. 62.799.718.790) dibandingkan dengan SRBE 10 lantai sebesar Rp. 24.656.592.702.



Gambar 4.56. Grafik Persentase Perbandingan Harga Material
(Sumber: Analisa Perhitungan)

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Analisis, Maka Dapat Ditarik Beberapa Kesimpulan sebagai berikut bahwa perbandingan efisiensi antara struktur beton dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan struktur beton dengan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) pada level kinerja sesuai Fema 356 dan SNI 1726:2012 adalah:

1. hasil kinerja pada struktur gedung untuk model SRPMK dan SRBE
 - a. Dalam Kekakuan struktur untuk struktur beton dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) kekakuan struktur lebih rendah dibandingkan SRBE. menjelaskan bahwa struktur SRBE lebih tinggi dibandingkan struktur SRPMK.
 - b. Untuk titik kinerja (*performance point*) struktur gedung pada kondisi inelastis. Dilihat dari perbandingan grafik *Resultant base Shear Vs Monitored Displacement* pada Sap2000, menunjukkan bahwa struktur SRBE

- memiliki target perpindahan dan gaya geser dasar yang lebih rendah dari struktur SRPMK..
- c. Pada Level kinerja (*performance level*) diperoleh struktur gedung pada saat titik kinerja tercapai. kemampuan struktur SRBE dalam memikul gaya gempa lebih kecil dari struktur SRPMK.
2. Hasil dari efisiensi berat dan harga yang didapatkan dari perbandingan Model SRPMK dan SRBE
- a) Efisiensi Berat
- Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 29%, (489,59 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 1199,76 Ton. Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih berat sebesar 22%, (755,13 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 2648,62 Ton. Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih ringan sebesar 10% (317,78 Ton) dibandingkan dengan SRBE sebesar 3121,23 Ton.
- b) Efisiensi Harga
- Hasil Harga material pada masing-masing model struktur Pada struktur 4 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 49,2% (Rp. 12.196.204.277) dibandingkan dengan SRBE 4 lantai sebesar Rp. 24.784.647.719. Pada struktur 7 lantai SRPMK akan lebih ekonomis sebesar 7,5%, (Rp. 1.354.266.235) dibandingkan dengan SRBE 7 lantai sebesar Rp. 18.037.196.756. Pada struktur 10 lantai SRPMK akan lebih mahal sebesar 254,7% (Rp. 62.799.718.790) dibandingkan dengan SRBE 10 lantai sebesar Rp. 24.656.592.702.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2013)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)*. Jakarta.
- Badan standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Jakarta.
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan. Jakarta.
- Michael D . with the support of the American Institute of Steel Construction. *Version 1 - March 2007 3. Centrically Braced Frame Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures Prepared Engelhardt University of Texas at Austin.*
- Perencanaan Struktur Baja Daktil Untuk Daerah yang Rawan Gempa (Highlights) Struktur Baja Daktil* Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya.
- Sudarman H. Manalip, dkk. April 2014 *Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- Ulfa Nurdianti 2013 *Studi Keandalan Struktur Gedung Tinggi Tidak Beraturan Menggunakan Pushover Analysis Pada Tanah Medium*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

DARTAR PUSTAKA

- ASCE. 2000. FEMA 356 - *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.