

## Analisis Desain Gedung Whiz Hotel Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Lexono Nadeak<sup>1)</sup>

Suyadi<sup>2)</sup>

Ratna Widyawati<sup>3)</sup>

### Abstract

*Special Moment Resisting Frame System (SMRFS) is a system with the highest ductility and that has detail requirements in the calculation of structural reinforcement components of axial, bending and shear of beam and columns elements, as well as provisions regarding the beam column connection that will affect the overall performance building when receiving earthquake load. This study aims to determine the detail requirements of special moment resisting frame system in accordance with SNI 2847-2013 and performance evaluation of structures with pushover analysis. Based on study results, the level of structure performance in accordance with the performance point obtained shows that the values of the displacement target are 0.042 m in x-direction and 0.413 m in y-direction. The value of the performance point also shows that the building is designed in the Immediate Occupancy condition that is while the building receives the earthquake load, it is expected that the structure will not be damaged. Distribution of plastic hinge is appropriate to the expectation that is the strong column and the weak beam because plastic hinge formation begins from the beam element then the column element. From the pushover analysis, it is obtained the value of the actual reduction factors (R) are 8.9 in x-direction and 7.8 in y-direction, while the values of the actual system over strength factor ( $\Omega_o$ ) are 4.34 in x-direction and 5.70 in y-direction and the values of actual deflection magnification factor (Rd) are 5.9 in x-direction and 5.2 in y-direction.*

Keywords : SMRFS, Performance point, plastic hinge, pushover analysis

### Abstrak

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sistem dengan duktilitas tertinggi dan memiliki persyaratan yang detail dalam perhitungan penulangan komponen struktur aksial, lentur dan geser untuk elemen balok dan kolom, serta ketentuan mengenai hubungan balok kolom yang akan mempengaruhi kinerja bangunan secara keseluruhan ketika menerima beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui detail persyaratan sistem rangka pemikul momen khusus sesuai dengan SNI 2847-2013 dan evaluasi kinerja struktur dengan *pushover analysis*. Berdasarkan hasil studi, level kinerja struktur sesuai dengan titik kinerja yang didapat menunjukkan nilai dari target perpindahan untuk arah x sebesar 0,042 m dan arah y sebesar 0,413 m. Nilai dari titik kinerja juga menunjukkan bahwa bangunan yang di desain berada pada kondisi *Immediate Occupancy* dimana kondisi gedung saat menerima beban gempa diharapkan struktur tidak akan mengalami kerusakan. Distribusi sendi plastis sesuai yang diharapkan yaitu kolom kuat dan balok lemah karena terbentuknya sendi plastis diawali dari elemen balok terlebih dahulu kemudian diikuti elemen kolom. Dari hasil analisis *pushover* didapat nilai faktor reduksi gempa (R) aktual arah x sebesar 8,9 dan arah y sebesar 7,8, sedangkan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_o$ ) aktual arah x sebesar 4,34 dan arah y sebesar 5,70 dan nilai faktor pembesaran defleksi (Rd) aktual arah x sebesar 5,9 dan arah y sebesar 5,2.

Kata kunci : SRPMK, titik kinerja, sendi plastis, analisis *pushover*

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

<sup>2)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145. surel : Adi\_unila@yahoo.co.id

<sup>3)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.35145. Surel : Ratna.Widyawati@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Konsep terbaru dalam perencanaan gempa saat ini adalah perencanaan berbasis kinerja yang dikenal dengan *Performance Based Earthquake Engineering* (PBEE). Konsep perencanaan berbasis kinerja merupakan kombinasi dari aspek tahanan dan aspek layan. Konsep PBEE dapat digunakan untuk mendesain bangunan baru (*Performance Based Seismic Design*) maupun mengevaluasi bangunan yang sudah ada (*Performance Based Seismic Evaluation*). Peraturan gempa yang berlaku saat ini yaitu BSN 1726 (2012) mengatur daktilitas berdasarkan faktor modifikasi respon (**R**), faktor pembesaran simpangan lateral (**Cd**), dan faktor kuat lebih (**Ωo**). Dalam analisis ini akan mengkaji kapasitas aktual struktur gedung yang di desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Metode analisis *pushover* menjadi pilihan yang menarik dalam mengkaji kapasitas aktual struktur bangunan karena menggunakan konsep PBEE sehingga dapat diketahui kinerja seismik dari suatu struktur. Dari hasil analisis, dapat digambarkan hubungan antara *base shear* dan *roof displacement*, hubungan tersebut kemudian dipetakan sebagai kurva kapasitas struktur.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Menurut Daniel L. Schodek (1991) tinggi suatu elemen struktur juga akan mempengaruhi kemampuannya untuk menahan beban lentur, semakin tinggi suatu elemen maka semakin kuat kemampuannya menahan lentur. Kondisi tumpuan juga sangat penting, elemen struktur yang ujung-ujungnya dijepit lebih kaku daripada yang ujung-ujungnya dapat berputar bebas.

### 2.2. Detail Penulangan Komponen Struktur Pemikul Lentur

Beberapa ketentuan yang berlaku untuk komponen-komponen struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus yang memikul gaya akibat gempa dan direncanakan untuk memikul lentur sesuai dengan BSN 2847 (2013) pasal 21.5.

### 2.3. Kolom

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, dan diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Beban dari balok dan pelat ini berupa beban aksial tekan serta momen lentur. Ali Asroni (2010) menjelaskan jenis-jenis kolom pada struktur beton bertulang antara lain:

- a. Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulangan : Kolom segi empat, Kolom bulat, dan Kolom komposit
- b. Jenis kolom berdasarkan letak/posisi beban aksial : Kolom dengan posisi beban sentris dan Kolom dengan beban eksentris
- c. Jenis kolom berdasarkan panjang kolom : Kolom panjang dan kolom pendek

### 2.4. Komponen Struktur Pemikul Kombinasi Lentur dan Aksial

Ketentuan yang berlaku untuk komponen-komponen struktur pemikul kombinasi lentur dan aksial pada sistem rangka pemikul momen khusus sesuai dengan BSN 2847 (2013) pasal 21.6.

### 2.5. Sambungan Balok Kolom

Pada pertemuan sambungan balok kolom tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan.

Dengan memberikan perhatian yang sebaik-baiknya pada pertemuan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya sendi plastis dan terjadinya kehancuran pada daerah pertemuan tersebut.

## 2.6. Komponen Struktur *Joint* Balok Kolom

Ketentuan yang berlaku untuk komponen struktur *joint* balok dan kolom pada sistem rangka pemikul momen khusus dengan BSN 2847 (2013) pasal 21.7.

## 2.7. Analisa Beban Dorong Statik (*Static Push Over Analysis*)

Analisa beban dorong statik (*static push over analysis*) adalah pengaruh gempa rencana terhadap struktur 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 peleahan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elasto-plastis yang besar sampai mencapai kondisi diambang keruntuhan.

Adapun tahapan utama dalam analisa *pushover* adalah:

### 1. Menentukan *Hinge Properties*

#### a. Balok

Sendi plastis pada elemen balok menggunakan default-M3 sesuai program SAP 2000 dengan nilai Relative Distance-nya 0 dan 1.

#### b. Kolom

Sendi plastis pada elemen kolom menggunakan Default-P-M-M sesuai program SAP 2000 dengan nilai Relative Distance-nya 0 dan 1.

### 2. Menentukan Titik Kontrol

### 3. *Load Application Control*

#### a. *A load-controlled*

Dipakai apabila kita tahu pembesaran beban yang akan diberikan dapat menahan beban tersebut, contohnya adalah beban gravitasi.

#### b. *Displacement-controlled*

Dipakai apabila kita mengetahui sejauh mana struktur kita bergerak tetapi kita tidak tahu beban yang harus dimasukkan.

### 4. Membuat Kurva *Pushover*

### 5. Evaluasi Kinerja Struktur

## 2.8. Evaluasi Kinerja Struktur dengan Metode *Capacity Spectrum*

Capacity Spectrum Method (CSM) merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Dari analisis statik *pushover* nonlinear didapatkan kurva kapasitas yang kemudian diolah lebih lanjut dengan metode Capacity Spectrum Method ATC-40 (1996).

### 1. Kurva Kapasitas

Hasil analisis statis *pushover* nonlinier adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (Base Shear) dan simpangan atap (Roof Displacement)

### 2. Demand Spektrum

Respons spektrum elastik adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara koefisien gempa (C) dengan waktu getar struktur (T) yang nilainya ditentukan oleh koefisien Ca (percepatan tanah puncak, PGA) dan Cv (nilai koefisien gempa pada waktu periode struktur tanah adalah 1 detik )

### 3. Performance Point

Performance point adalah titik dimana Spektrum kapasitas berpotongan dengan respon spektrum tereduksi seperti yang dipergunakan dalam *capacity spectrum method* (ATC-40,1996).

### 4. Faktor Daktilitas Struktur

Berdasarkan FEMA P-695 (2009) hasil dari gabungan kurva demand dan kurva kapasitas dapat digunakan untuk menghitung faktor daktilitas struktur

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Bandar Lampung, tepatnya pada bangunan Hotel Whiz Lampung.

#### 3.2. Data Penelitian

Data penelitian menjelaskan mengenai objek yang akan diteliti. Objek dari penelitian ini yaitu struktur gedung hotel Whiz Lampung dengan 15 Lantai dan 1 Lantai *semi basement*. Jenis tanah yaitu tanah sedang dengan nilai N-SPT 15 sampai 50

#### 3.3. Pelaksanaan Penelitian

Menyiapkan data-data penelitian berkaitan dengan pembangunan hotel Whiz Lampung berupa gambar struktur dan gambar arsitektur. Melakukan studi literatur perhitungan pembebanan pada struktur, antara lain: beban mati, beban mati akibat berat sendiri, beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa. Pemodelan struktur menggunakan program SAP 2000 Ver.14. Desain penampang dan penulangan menggunakan syarat-syarat yang tercantum dalam Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK) yang terdiri dari: persyaratan tulangan lentur, persyaratan tulangan transversal, perencanaan geser kemudian melakukan analisis kapasitas bangunan terhadap gempa dengan Analisis statik nonlinear dengan metode Pushover dan menyimpulkan hasil analisis kapasitas yang didapat dari kurva kapasitas spektrum dan distribusi sendi plastis

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Konfigurasi Gedung

Hotel Whiz Prime lampung merupakan struktur gedung beton bertulang dengan 15 lantai dan 1 lantai *semi basement*. Lokasi gedung berada di Jalan Ahmad Yani No. 21-23 Bandar Lampung. Dalam melakukan desain elemen-elemen struktur yang digunakan dalam perencanaan gedung sebagai berikut :

##### 1. Balok

Gedung Whiz Prime memiliki 9 jenis balok dengan ukuran yang berbeda-beda.

##### 2. Kolom

Terdapat 11 jenis kolom yang digunakan dalam desain Gedung Whiz Hotel antara lain: K1, K2, K3, K1A, K2A, K2B, K2C, K2D, K2E, K3A, K3B

##### 3. Pelat Lantai

Terdapat 3 jenis pelat yang digunakan dalam perencanaan Hotel Whiz antara lain: S1 (tebal 100 mm), S2 (tebal 120 mm) S3 (tebal 150 mm)

##### 4. Dinding Beton (Core Lift)

Adanya gerakan lift menyebabkan getaran yang berakibat retaknya dinding, maka digunakan *core lift* untuk meredam getaran tersebut dan untuk memperbesar kekakuan gedung akibat pengaruh gempa. *Core lift* digunakan sampai lantai 8 dengan ketinggian 23.25 m dan ketebalan 400 mm. Dalam perencanaan Hotel Whiz Prime Lampung ini terdapat 2 jenis *Core lift* yang digunakan yaitu SW-1 dan SW-2.

#### 4.2. Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur suatu gedung bertingkat, digunakan berbagai macam pembebanan seperti beban sendiri, beban hidup, maupun beban gempa. Berikut beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang dihitung menurut peraturan pembebanan sebagai berikut:

##### 1. Beban Mati Akibat Berat Sendiri (DL)

Beban mati sendiri elemen struktur (*Self Weight*) didefinisikan sebagai beban statis yang disebabkan oleh berat setiap elemen struktur bangunan yang terdiri dari kolom, balok dan pelat yang dihitung secara otomatis oleh program SAP 2000 dengan memberikan faktor pengali = 1.

#### 2. Beban Mati Tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen tambahan atau *finishing* yang bersifat permanen.

#### 3. Beban Hidup (LL)

Beban hidup didefinisikan sebagai beban yang sifatnya tidak membebani struktur secara permanen, misalnya beban akibat pengguna bangunan. Berdasarkan fungsi gedung sebagai ruang hunian/hotel, menurut beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2013 merekomendasikan beban hidup sebagai berikut

- a. beban hidup di lantai ruangan kamar hotel  $200 \text{ kg/m}^2$ .
- b. beban hidup di lantai ruangan pertemuan  $500 \text{ kg/m}^2$
- c. beban hidup di lantai ruangan balkon  $500 \text{ kg/m}^2$
- d. beban hidup atap datar  $100 \text{ kg/m}^2$

#### 4. Beban Gempa

Beban gempa yang diperhitungkan pada perencanaan ini mengacu pada peraturan SNI (1726 ) 2012. Adapun data perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Lokasi Bangunan	= Bandar Lampung
Faktor Keutamaan (I)	= 1 (Tabel 3)
Faktor Reduksi Gempa (R)	= 8 (Tabel 7)
Faktor Kuat Lebih Sistem	= 3 (Tabel 7)
Faktor Pembesaran Defleksi (Cd)	= $5\frac{1}{2}$ (Tabel 7)
Batasan Tinggi Struktur	= Tidak Dibatasi
Koefisien Struktur (Ct)	= 0,0466 (Lampiran)
Redaman Struktur beton ( <i>dumping</i> )	= 0,05

Respon spektrum disusun berdasarkan percepatan maksimum dan respon spektra di permukaan tanah. Untuk menentukan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak ke permukaan tanah, maka perlu dilakukan klarifikasi terlebih dahulu berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Hasil data tanah berdasarkan nilai SPT (*Soil Penetration Test*) di dapatkan bahwa lokasi tersebut adalah kelas situs SD (Tanah Sedang).



Gambar 1. Respon Spektra Kota Bandar Lampung.

### 5. Beban Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul diatasnya. Beban terbagi rata air hujan dihitung dengan persamaan 2.36 sebagai berikut:

$$R = 0,0098 (ds + dh) = 0,0098 (300 \text{ mm} + 100 \text{ mm}) = 3.92 \text{ N/m}^2$$

### 6. Beban Angin

Kecepatan angin dasar harus ditentukan oleh instansi yang berwenang, namun dalam perencanaan kecepatan angin harus di rencanakan minimal sebesar 110 mph (49,1744 m/s) Untuk bangunan yang direncanakan menggunakan Eksposur tipe C. karena Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku. Data perencanaan beban angin

Kecepatan angin rencana = 110 mph,

Tipe eksposur = Eksposur C

Tinggi bangunan = 55 meter atau 180.4457 ft

Perbandingan L/P = 32.60 m / 20.25 m = 1,6098

Tabel 1. Pembacaan Beban Angin Untuk Dinding.

V(mph)	110		
	0,5	1	2
	49,2	48,7	43,7
160			
	36,1	35,7	30,0

Sumber : BSN 1727 (2013)

Dari perhitungan diatas maka tekanan angin didapat:

Tekanan angin atas  $Ph = 45,6485 \text{ psf} = 222,8755 \text{ kg/m}^2$

Tekanan angin bawah  $P0 = 32,2213 \text{ psf} = 157,3182 \text{ kg/m}^2$

Karena  $L/B$  didapat 1.6098 maka distribusi tekanan dinding berada pada kondisi  $1,0 \leq L/B \leq 2,0$  yang mengisyaratkan tekanan angin pergi sebesar 38% dari  $Ph$ .

$Ph.c = 222,8560 \cdot 38\% = 84,6852 \text{ Kg/m}^2$

### 4.3. Pemodelan Struktur

Material dalam perencanaan ini di modelkan langsung dengan program SAP 2000. Beton yang digunakan adalah beton dengan mutu  $f'c$  30 dan 35 MPa sedangkan baja yang digunakan untuk tulangan utama adalah mutu  $fy$  400 MPa dan tulangan sengkang adalah mutu  $fy$  240 Mpa. Keseluruhan balok dan kolom dimodelkan dengan penampang *rectangular*. Tulangan lentur balok dan kolom dimodelkan sesuai dengan luas tulangan yang terdapat pada data pembangunan Hotel Whiz Lampung. Untuk penulangan kolom digunakan faktor reduksi sebesar 0,7 untuk memperhitungkan keretakan terhadap gempa. Pelat lantai dimodelkan sebagai *shell-thin* dan dianggap sebagai *rigid diaphragm*. Sebagai elemen *shell*, pelat dimodelkan untuk mendistribusikan beban area di atas lantai pada balok sekitarnya. Pondasi bangunan dianggap dapat memberikan kekangan terhadap transalasi dan rotasi. Sehingga seluruh perletakan bangunan dimodelkan sebagai perletakan jepit (*fixed*).

### 4.4. Perencanaan Penulangan Lentur (Balok)

Nilai momen ultimate dan penulangan balok secara keseluruhan pada perhitungan penampang balok Frame 343 (300mm x 700 mm). Didapat hasil penulangan tumpuan kiri sebagai berikut :

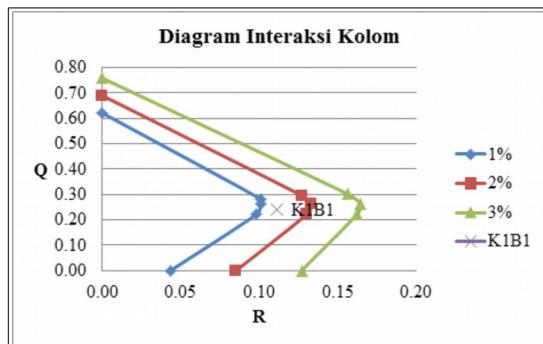
Tabel 2. Hasil Penulangan Balok.

Lokasi		Mu	As Terpasang	ØMn
Frame	Daerah	Nmm	mm <sup>2</sup>	Nmm
	Tumpuan A	578.260.118	3041,06	-609.374.358,1
94	Lapangan	271.255.565	1242,31	328.022.783,2
	Tumpuan B	-534.092.193	3041,06	-606.284.888,9

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5. Perencanaan Penulangan Kolom

Dalam perhitungan ini akan digunakan kolom K1B1 (Frame 174) dengan ukuran kolom sebesar 500 x 1000 mm. Hasil momen dan gaya aksial terbesar yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan bantuan program SAP 2000. Penentuan rasio penulangan menggunakan diagram interaksi Penulangan kolom direncanakan pada keempat sisinya. Diagram interaksi kolom kuat rencana p sebesar 1%, 2% dan 3%



Gambar 2. Diagram Interaksi Kolom.

#### 4.6. Perencanaan Sambungan Balok Kolom Interior

Tulangan As = 5D22 mm = 1900,6635 mm<sup>2</sup>

T = C

As. fy = 0,85 f'c b

a = 0,85 30 a 300 = 99,3810

$$Mpr^+ = As \alpha fy \left( d - \frac{a}{2} \right) = 474509624,3 \text{ Nmm}$$

Tulangan As' = 5D22 mm = 760,2654 mm<sup>2</sup>

T = C

As. fy = 0,85 f'c b

a = 0,85 30 a 300 = 39,7524

$$Mpr^- = As \alpha fy \left( d - \frac{a}{2} \right) = 201137251,3 \text{ Nmm}$$

Maka nilai gaya geser dapat dihitung sebagai berikut:

$$Vu = 1,25 (As + As')fy - Vkol = 1161,5527$$

Lebar efektif dapat dihitung berdasarkan nilai dari persamaan sebagai berikut:

$$b + h_j = 300 + 600 = 900 \text{ mm}$$

$$b_j \leq b + 2x = 300 + 2.100 = 500 \text{ mm}$$

$$Vn = \frac{Vu}{b_j h_c} = 3,872 \text{ N/mm}^2$$

Maka  $b_j$  yang diambil sebesar 500 mm

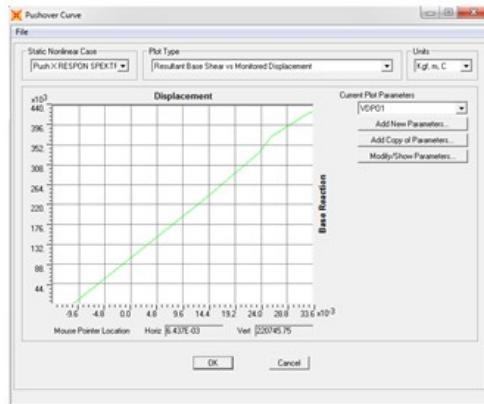
Karena tinjauan sambungan balok kolom terkekang keempat sisinya maka nilai gaya geser  $V_n$  tidak boleh melebihi dari :

$$V_n = 1.7 \sqrt{f_c A_j} = 2793385,043 \text{ N}$$

$$\bar{O}V_n = 2095038,782 \text{ N} > V_u = 1161552,731 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

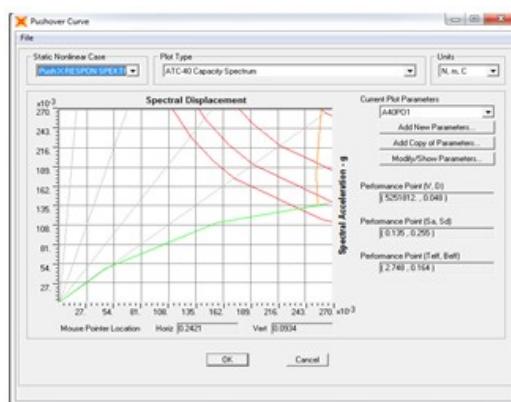
#### 4.7. Perhitungan Kapasitas Dengan Metode Pushover

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* yang disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Kapasitas.

Dari kurva respon spektrum rencana BSN 1726 (2012) dengan skala faktor 9.8 untuk wilayah kota Bandar Lampung. Tipe bangunan : tipe B karena bangunan adalah bangunan baru dan anggapan durasi getarnya panjang 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. Titik kinerja pada arah X dan Y



Gambar 4. Titik Kinerja Struktur.

Tabel 3. Nilai *Performance Point* arah X dan Y.

Arah	Gaya Geser Dasar	Performance Point			
		Vt(ton)	Dt(m)	Beff (%)	Teff(detik)
X	147109,02	535535,8	0,048	0,164	2,748
Y	147109,02	743058,1	0,416	0,138	2,241

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 3 dapat dilihat besarnya nilai gaya geser dasar untuk arah x  $V_d = 147109,02 \text{ Kg} < V_x = 535535,8 \text{ Kg}$ , sedangkan untuk arah Y didapat  $V_d = 147109,02 \text{ Kg} < V_y = 743058,1 \text{ Kg}$ . Level kinerja struktur (*structural performance levels*) ditentukan melalui kriteria roof drift ratio yang diperoleh pada saat target perpindahan tercapai. Level kinerja gedung pada saat target perpindahan tercapai adalah *Immediate Occupancy*. Kinerja gedung *Immediate Occupancy* berarti pada saat struktur menerima beban gempa diharapkan struktur tidak mengalami kerusakan sehingga bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.

Hasil plot kurva demand dan kurva kapasitas seperti pada Gambar 4, terdapat garis lurus diagonal yang bermula dari titik asal dan menyinggung kurva kapasitas serta memotong kurva demand yang merupakan nilai waktu getar fundamental struktur. Dari hasil plot tersebut, maka diperoleh nilai SMT dan Smaks. Nilai  $C_s$  diperoleh dari nilai gaya geser dasar desain ( $V_d$ ) dibagi dengan berat struktur ( $W$ ). Hasil perhitungan nilai  $R$ ,  $\Omega_o$  dan  $C_d$  untuk arah X dan Y

Tabel 4. Faktor Daktilitas Struktur.

Arah	Faktor Daktilitas				
	SMT	Smaks	R	$\Omega_o$	Rd
X	0,255	0,135	9,0	4,7	6,0
Y	0,221	0,175	7,8	6,1	5,2

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai  $R$  untuk arah X hasil perhitungan menggunakan metode di FEMA P-695 sebesar  $9,0 >$  dari  $R$  estimasi sebesar 8. Untuk faktor kuat lebih sistem  $\Omega_o$  didapat sebesar  $4,7 > \Omega_o$  estimasi yaitu sebesar 3. Untuk nilai  $C_d$  karena struktur mengalami redaman 5% maka nilai  $R_d$  mendapat faktor reduksi dan didapatkan nilai  $R_d$  sebesar 6,0. Berbeda dengan arah X, untuk arah Y, nilai  $R$  untuk arah Y sebesar 7,8 sedangkan nilai  $R$  estimasi yaitu sebesar 8. Untuk nilai  $\Omega_o$  sebesar  $6,1 > \Omega_o$  estimasi yaitu sebesar 3. Untuk nilai  $C_d$  didapatkan nilai  $R_d$  sebesar 5,2 berbanding  $R_d$  estimasi sebesar 5,5.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei dan pengolahan data, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Untuk memodelkan suatu sistem rangka pemikul momen khusus dibutuhkan syarat-syarat detail penulangan longitudinal dan transversal yang lebih rinci untuk komponen struktur balok, kolom dan sambungan balok kolom.
- Distribusi sendi plastis sesuai dengan yang diharapkan yaitu kolom kuat balok lemah, karena terbentuknya sendi plastis diawali dari elemen balok terlebih dahulu kemudian diikuti elemen kolom.

3. Berdasarkan nilai *performance point* didapatkan target perpindahan untuk arah x sebesar 0,048 m dan arah y sebesar 0,416 m.
4. Level kinerja struktur berdasarkan *performance point* yang didapat menunjukkan bahwa bangunan yang didesain berada pada kondisi *Immediate Occupancy* dimana kondisi gedung saat menerima beban gempa diharapkan struktur tidak akan mengalami kerusakan.
5. Dari hasil analisis *pushover* didapat nilai R aktual arah x: 9,0 dan arah y: 7,8;  $\Omega_0$  aktual arah x : 4,7 dan arah y: 6,1 ; Rd aktual arah x 6,0 dan arah y: 5,2
6. Nilai faktor reduksi (R), kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan pembesaran defleksi (Cd) arah x lebih besar daripada faktor reduksi, kuat lebih sistem dan pembesaran defleksi arah y, hal ini dipengaruhi oleh konfigurasi kolom dan balok yang digunakan dari struktur tidak simetris.
7. Nilai faktor reduksi (R), kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan pembesaran defleksi (Cd) dipengaruhi oleh beban lateral yang diberikan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Asroni, A., 2010, Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- ATC-40, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, Applied Technology Council, Redwood City.
- BSN 1727, 2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”, BSN .Jakarta.
- BSN 1726, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, BSN. Jakarta.
- BSN 2847, 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, BSN, Jakarta.
- Schodek, Daniel, 1991, Struktur, PT. Eresco, Bandung.
- FEMA P695, 2009, Quantification of Building Seismic Performance Factors, Federal Emergency Management Agency, Washington DC.