

**TINGKAT KINERJA
STRUKTUR BAJA BANGUNAN PENJEMURAN KARET
PT. MARDEC SIGER WAYKANAN
DENGAN PERKUATAN BRESING KONSENTRIK
AKIBAT BEBAN GEMPA**

Sapta, Sari Farlianti

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IBA

Email: sapta303@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan penjemuran karet adalah bangunan bertingkat, yang digunakan pada pabrik Karet (*Crumb Rubber Factory*), dimana bangunan ini digunakan untuk penjemuran lembaran karet (*rubber sheet*) yang digantung pada masing-masing lantai dengan menggunakan penggantung kayu dalam jumlah tertentu, pada prinsipnya bangunan ini digunakan untuk mengeringkan karet dalam bentuk lembaran sehingga bentuk dan posisi bangunan ditentukan berdasarkan arah angin. Pada penelitian ini struktur bangunan penjemuran karet pada PT. Mardec Siger Waykanan terbuat dari struktur Baja Profile *Wide Flange* (WF) yang merupakan portal terbuka tanpa ada sekat dinding pada setiap lantainya. Dilihat dari letak geografis berdasarkan peta *hazard* gempa Indonesia 2010, lokasi bangunan tersebut terletak daerah rawan gempa, sedangkan bila dilihat dari histories bangunan tersebut dibangun pada tahun 2008, yang mana peraturan perencanaan bangunan tahan gempa masih mengacu pada SNI 03-1726-2002 yang mengacu pada UBC97, sedangkan pada saat ini perencanaan bangunan tahan gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012 yang mengacu pada ASCE-10. Dari hasil analisa dengan mengacu pada SNI 03-1726-2012, didapatkan kondisi struktur bangunan mengalami kelebihan tegangan pada penampang (*section overstressed*) pada kolom dengan *Strength Ratio* $2,231 > 1$ dengan kapasitas nominal beban gempa dasar rencana kurang dari 519,25kN dan *drift* antar lantai maksimum arah x sebesar 540,08mm $>$ *drift* izin sebesar 90mm dan arah y sebesar 118,76mm $>$ *drift* izin sebesar 90mm, sehingga perlu diadakan perkuatan pada rangka struktur dengan menambahkan Bresing Konsentrik pada Rangka Struktur pada arah melintang (arah y) dan memanjang (arah x). Dengan adanya perkuatan pada Rangka Struktur *Strength Ratio* menjadi $0,942 < 1$ dengan kapasitas nominal beban gempa dasar rencana sebesar 991,760kN dan *drift* antar lantai maksimum arah x 9,98mm $<$ *Drift* izin 90mm dan arah y sebesar 21,94mm. Dari hasil analisa *non-linier* tingkat kinerja struktur bangunan eksisting pada *performance point* adalah *Collapse (C)* dengan kapasitas diambang keruntuhan $V_{pp}= 656,322\text{kN}$ dan $D_{pp}= 394,76\text{kN}$ pada rangka arah-x, untuk bangunan dengan perkuatan tingkat kinerjanya pada *performance point* adalah *Damage Control (IO-LS)* dengan kapasitas keruntuhan pada bresing konsentrik sebesar $V_{pp}=2788,563\text{kN}$ dan $D_{pp}= 58,37\text{mm}$ pada rangka arah-y, artinya penggunaan bresing konsentrik sebagai perkuatan pada bangunan eksisting telah memenuhi persyaratan.

Kata kunci : Kapasitas, Tingkat Kinerja, Bresing Konsentrik, *Drift*, Gempa Kuat.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada penelitian ini struktur bangunan penjemuran karet pada PT. Mardec Siger Waykanan terbuat dari struktur Baja Profile *Wide Flange* (WF), dimana bangunan ini dibangun pada tahun 2008 dan digunakan tahun 2009, dilihat dari historis bangunan yang dibangun pada tahun 2008 berarti perencanaan struktur bangunan penjemuran karet tersebut masih menggunakan standar peraturan perencanaan gempa SNI 02-1726-2002 yang mengacu pada UBC 97 yang menggunakan gempa periode 500 tahun (10% terlampaui dalam 50 tahun umur bangunan), sedangkan peraturan gempa SNI 03-1726-2012 yang mengacu pada peraturan-peraturan gempa modern seperti ASCE 7-10 dan IBC 2000 yang menggunakan gempa 2500 tahun (2% terlampaui dalam 50 tahun umur bangunan). Bila dilihat dari lokasi pabrik karet PT. Mardec

Siger Waykanan terletak di Provinsi Lampung Kabupaten Waykanan dan bila dilihat dari letak geografis pada peta *hazard* gempa Indonesia 2010 terletak pada daerah rawan gempa.

Berdasarkan dari uraian diatas mencoba untuk mengkaji atau meninjau ulang perencanaan bangunan penjemuran karet tersebut dengan menggunakan peraturan gempa yang baru dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas struktur tersebut dan meninjau tingkat kinerja bangunan tersebut apabila terjadi gempa kuat yang melampui beban gempa rencana, sehingga dapat dilakukan perkuatan yang diperlukan sedini mungkin untuk mencegah keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah bila dilakukan *Review Design* dengan mengacu pada SNI 03-1726-2012 struktur bangunan eksisting masih memenuhi kapasitas yang direncanakan.
2. Bagaimanan kondisi bangunan (tingkat kinerja bangunan) bila terjadi gempa kuat yang melampui beban gempa rencana sesuai peraturan gempa yang baru yaitu SNI 03-1726-2012 tanpa perkuatan dan dengan perkuatan bresing konsentrik.

1.3. Tujuan Penelitian

Sebagaimana uraian diatas penelitian ini bertujuan untuk :

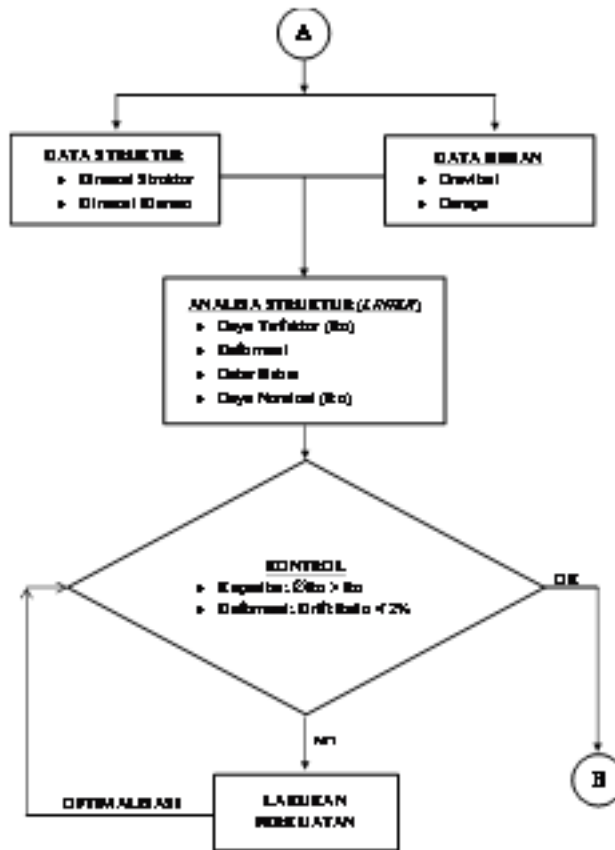
1. Mengetahui kapasitas daripada struktur bangunan penjemuran karet dengan menggunakan beban gempa sesuai dengan peraturan gempa yang baru yaitu SNI 03-1726-2012 (*linier condition*) dan,
2. Mengetahui tingkat kinerja dari struktur bangunan tersebut bila terjadi gempa kuat yang melampui beban gempa rencana (*non-linier condition*), tanpa perkuatan dan dengan perkuatan bresing konsentrik.

2. METODE PENELITIAN

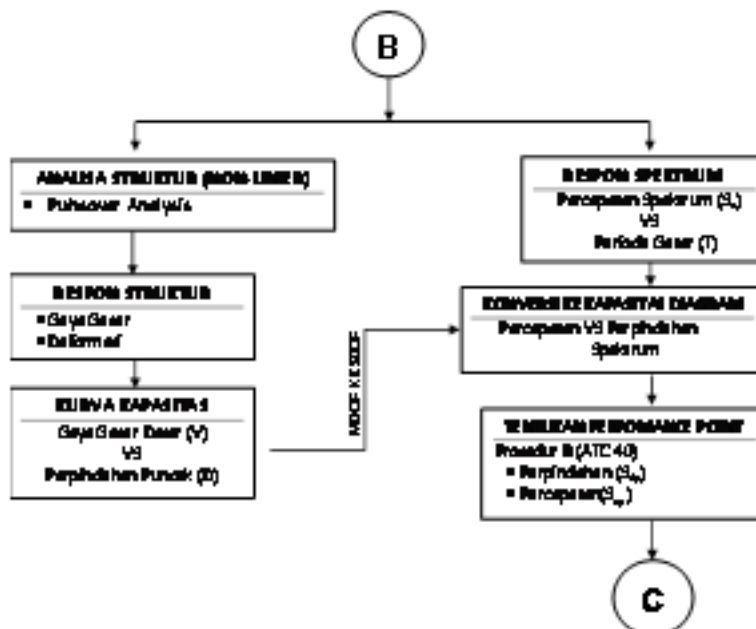
2.1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir seperti pada gambar 2.1 sampai dengan gambar 2.3. dengan sebagai berikut:

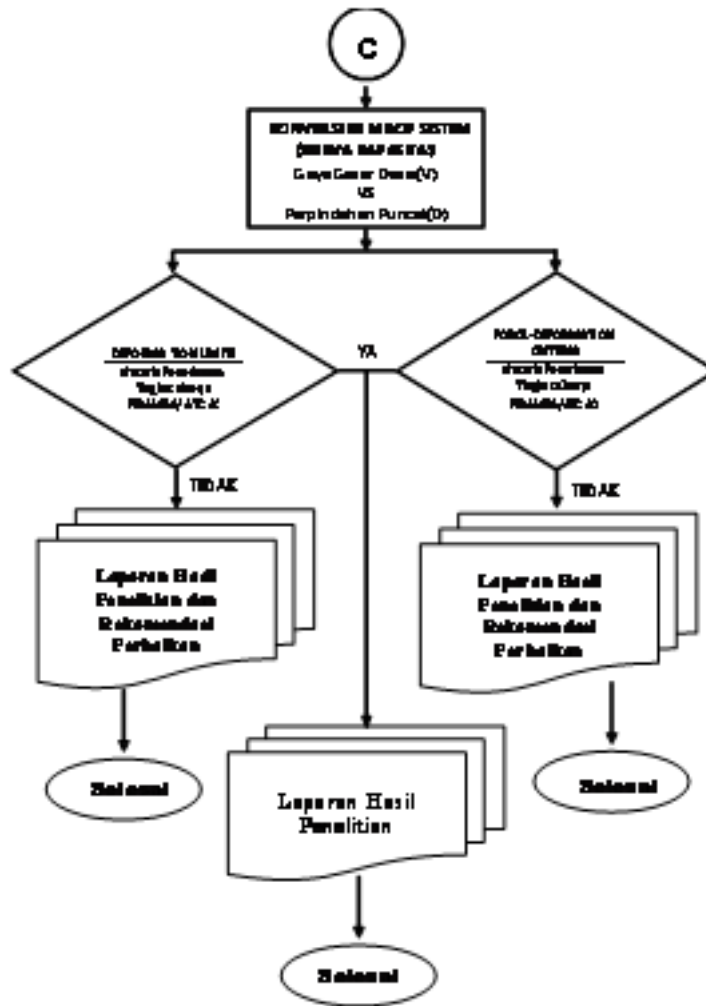
1. Kumpulkan dan struktur dan data beban
2. Tentukan model struktur yang ditinjau mendekati model sesungguhnya
3. Input data struktur data beban dengan menggunakan program SAP2000
4. Lakukan Analisa struktur kondisi linier untuk mendapatkan respon struktur berupa gaya-gaya dalam dan deformasi yang terjadi pada struktur
5. Kontrol kondisi struktur apakah memenuhi persyaratan pada kondisi linier jika ya lanjutkan ke analisa kondisi *non-linier*, jika tidak lakukan perkuatan pada struktur
6. Kontrol ulang kondisi struktur apakah memenuhi persyaratan pada kondisi linier jika ya lanjutkan ke analisa kondisi *non-linier*, jika tidak ulangi prosedur 5 sampai memenuhi kondisi *linier*
7. Lakukan analisa *non-linier* terhadap struktur eksisting tanpa perkuatan dan struktur yang telah diperkuat
8. Berdasarkan analisa *non-linier* tentukan performance objective struktur
9. Lakukan analisa dan pembahasan
10. Rekomendasi.



Gambar 2.1. Diagram Alur Perencanaan Komponen Struktur



Gambar 2.2. Diagram Alur Non-linear Analysis



Gambar 2.3. Diagram Alur Kriteria Penerimaan

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan pada pabrik karet (*Crumb Rubber Factory*) PT. Mardec Siger Waykanan yang berlokasi di Jln. Lintas Sumatera tepatnya di Desa Gunung Sangkaran Kecamatan Belambangan Umpu Kabupaten Waykanan Provinsi Lampung dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Lokasi Penelitian

3. STUDI KASUS

Berdasarkan data-data yang didapat yaitu data material serta gambar eksisting bangunan, denah dan potongan struktur bangunan kemudian dilakukan perhitungan pembebanan struktur sebagai data input pembebanan dengan menggunakan program bantu analisa struktur SAP2000.

3.1 Deskripsi Bangunan Penjemuran Lembaran Karet

Struktur bangunan bangunan penjemur lembaran karet yang ditinjau pada penelitian ini terbuat dari struktur baja *profile WF*, dengan lebar 22,5m dan panjang 45m, jarak antar kolom 4,5m arah bentang pendek maupun arah bentang panjang, dengan tinggi tingkat pertama 5m (pedestal 1m) dan lantai 2, 3 dan 4 tingginya 4,5m. Kapasitas rencana bangunan direncanakan dapat menjemur ±800 ton lembaran karet dalam kondisi basah.



Gambar 3.1. Bangunan Penjemuran Karet



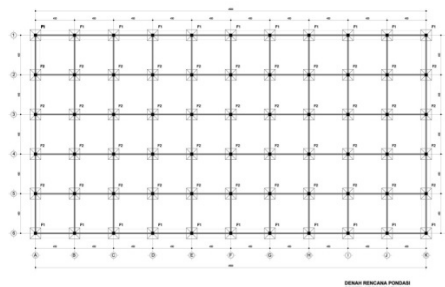
(a)



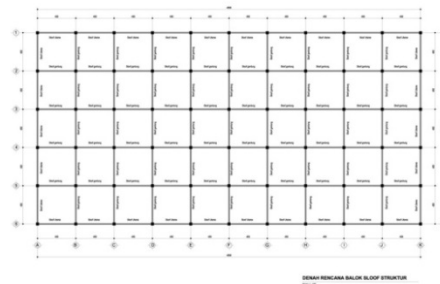
(b)

Gambar 3.2. (a) Lembaran Karet Siap Jemur (b) Konfigurasi Kayu Penggantung pada Bangunan Penjemuran Karet

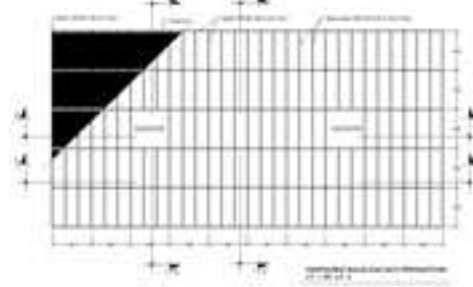
Penataan ruang bangunan penjemuran karet terbagi dalam beberapa ruangan yaitu ruang jemur karet, jalan *lorry* untuk distribusi lembaran karet dan ruang *elevator* untuk mengangkat lembaran karet kemasing-masing lantai. Jumlah kamar ditentukan berdasarkan lembar bentang antar kolom arah melintang dan memanjang, dimana jarak antar kolom 4,5m sehingga satu kamar ukurannya 4,5mx4,5m. Jumlah kayu penggantung untuk satu kamar 43 batang, sehingga lembaran yang dapat dijemur dalam satu kamar berjumlah 172 lembaran karet.



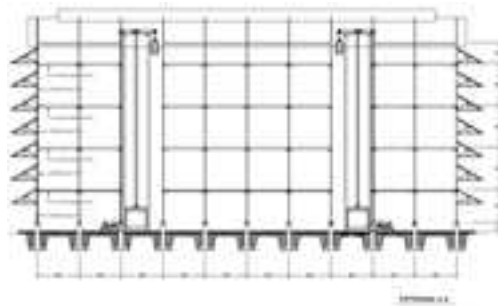
Gambar 3.3. Gambar Konfigurasi Pondasi Bangunan Penjemuran Karet



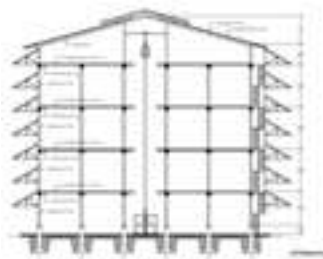
Gambar 3.4. Gambar Konfigurasi *Tie Beams* Bangunan Penjemuran Karet



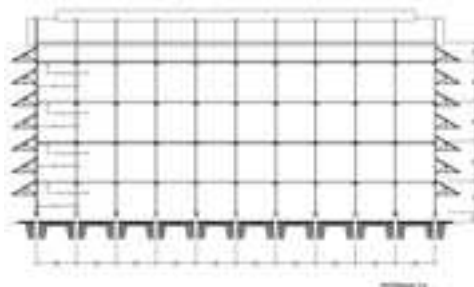
Gambar 3.5. Konfigurasi balok dan kayu penggantung Lt. 1 sd. 4 Bangunan Penjemuran Karet



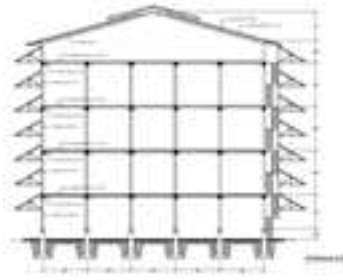
Gambar 3.6. Gambar Potongan A-A Bangunan Penjemuran Karet



Gambar 3.7. Gambar Potongan B-B Bangunan Penjemuran Karet



Gambar 3.8. Gambar Potongan C-C Penjemuran Karet



Gambar 3.9. Gambar Potongan D-D Bangunan Penjemuran Karet

3.2 Data Struktur

Sebagaimana telah dijelaskan pada uraian sebelumnya struktur yang digunakan pada konstruksi bangunan kamar jemur ini menggunakan struktur baja dengan Sifat-sifat mekanis sebagai berikut:

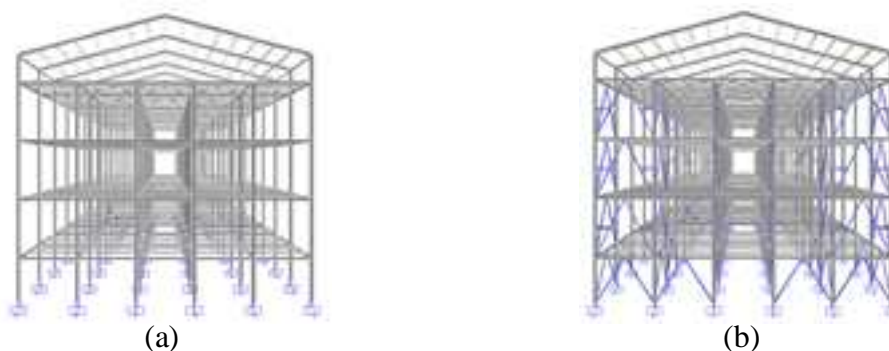
- Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ Mpa}$
- Modulus geser : $G = 76.923 \text{ Mpa}$
- Nisbah poisson : $\mu = 0,3$
- Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Konfigurasi komponen-komponen struktur tersusun sebagai berikut :

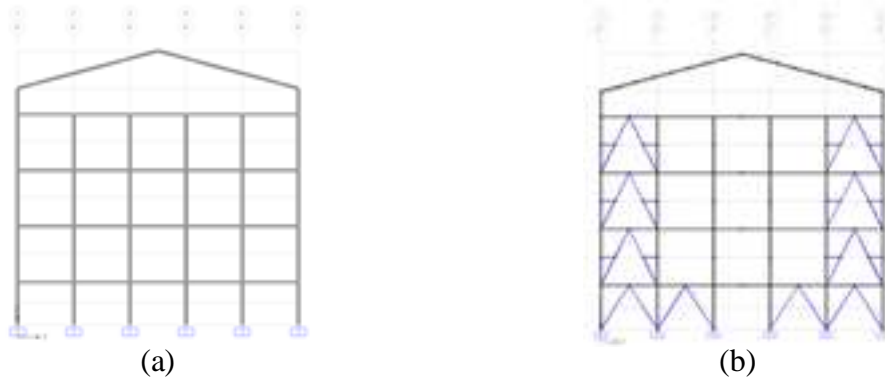
- Balok portal melintang (bentang pendek) digunakan WF200.100.5,5.8 pada lantai 1 sd. 4 dengan bentang 4,5m.
- Balok portal memanjang (bentang panjang) digunakan WF200.100.5,5.8 pada lantai 1 sd. 4 dengan bentang 4,5m.
- Kolom sudut, tepi dan tengah pada lantai dasar digunakan WF250.125.6.9 dengan tinggi kolom antar tingkat 3,5m.
- Kolom sudut, tepi dan tengah pada lantai 1 sd. 4 digunakan WF250.125.6.9 dengan tinggi kolom antar tingkat 4,5m.

3.3 Permodelan Struktur

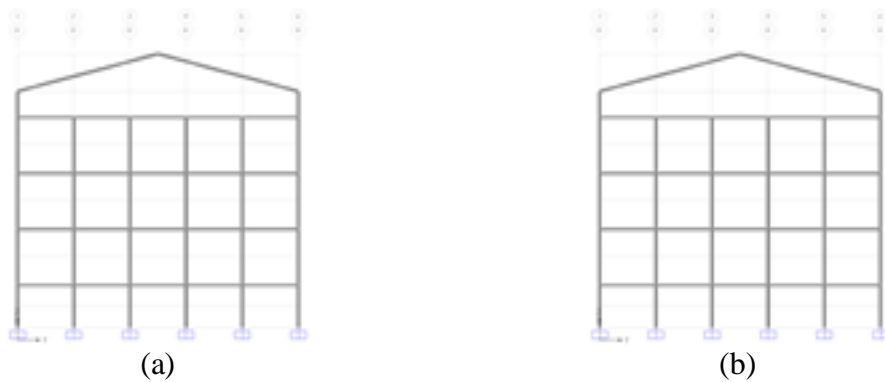
Melihat dari kondisi fisik struktur bangunan, pada penelitian ini struktur dimodelkan sebagai Rangka Pemikul Momen (SRPM) sebelum dilakukan diperkuatan dan Struktur Rangka Bresing Konsetrik (SRBK) setelah diperkuat.



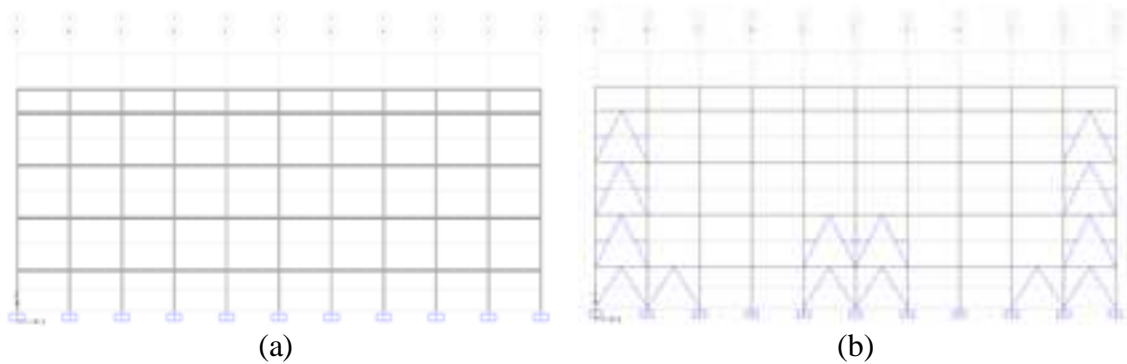
Gambar 3.10. Model Struktur 3 Dimensi (a).Tanpa Perkuatan (b). Dengan Perkuatan



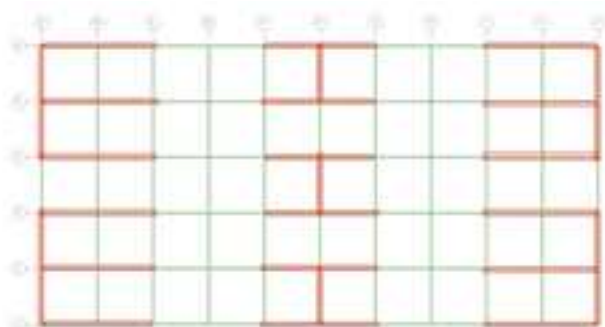
Gambar 3.11. Model Rangka Struktur Arah y pada Rangka A, F dan J
(a).Tanpa Perkuatan (b). Dengan Perkuatan



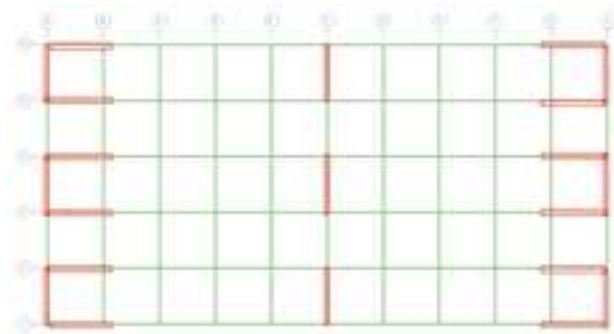
Gambar 3.12. Model Rangka Struktur Arah y pada Rangka B, C, D, E, G, H dan I
(a).Tanpa Perkuatan (b). Dengan Perkuatan



Gambar 3.13. Model Rangka Struktur Arah x pada Rangka 1 sd. 6
(a).Tanpa Perkuatan (b). Dengan Perkuatan

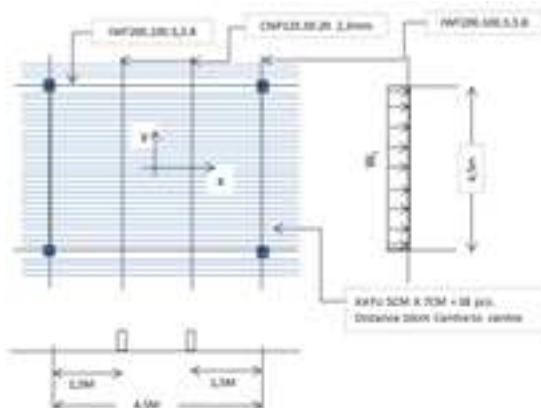


Gambar 3.14. Lokasi pemasangan *bracing* pada portal arah x dan y pada Lt. 1 & 2



Gambar 3.15. Lokasi pemasangan *bracing* pada portal arah x dan y pada Lt. 3 & 4

3.4 Data Beban



Gambar 3.16. Konfigurasi Beban Penjemuran Karet

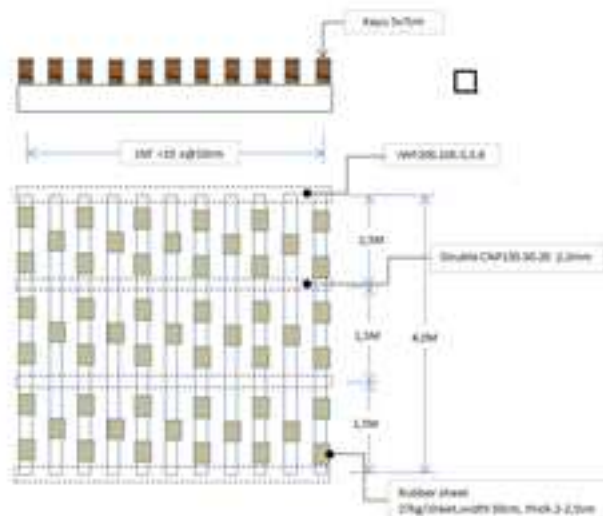
3.4.1. Beban Tetap

Beban tetap berupa beban akibat komponen-komponen struktur yaitu balok, kolom dan kayu penggantung (sento 5/7).

DL = 0,46 kN/m' (balok interior tidak termasuk profile WF dan C-Chanel)

1/2DL = 0,23 kN/m' (balok eksterior tidak termasuk profile WF dan C-Chanel)

3.4.2. Beban Lembaran Karet



Gambar 3.17. Konfigurasi Beban Lembaran Karet

Dari gambar 3.17 diatas satu kayu 5x7 cm terdapat :

- ±189 rubber sheets/ruang @27kg (kondisi basah) = 5.103 kg
- Dalam satu lantai terdapat 50 ruang-2 ruang ut. Lift = 48 ruang
- Total berat rubber sheet 4 lantai = 979,776 Ton (kondisi Basah)

Dalam satu kamar ada $5.103\text{kg}/(4,5\text{m}\times 4,5\text{m}) = 252 \text{ kg/m}^2 = 2,47 \text{ kN/m}^2$, kemudian beban ini kita distribusikan ke balok sebagai berikut:

$L = 2,47 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 3,71 \text{ kg/m'}$ (Beams Interior)

$1/2.L = 1,85 \text{ kN/m'}$ (Beams Exterior)

3.4.3. Parameter Beban Gempa

Lokasi penelitian berada di Jalan Lintas Tengah Sumatera tepanya di Desa Gunung Sangkaran Kecamatan Blambangan Umpu Kabupaten Waykanan Propinsi Lampung. Berdasarkan peta dan satelit terletak pada $-4,48454^\circ$ Lintang Selatan dan $104,4551^\circ$ Bujur Timur.

Dengan menggunakan Desain Spektra Indonesia di situs www.puskim.pu.go.id didapatkan variable-variable gempa sebagai berikut :

- $(S_s) = 0,622\text{g}$
- $(S_l) = 0,292\text{g}$
- $F_a = 1,302$
- $F_v = 1,817$
- $S_{MS} = 0,810\text{g}$
- $S_{MI} = 0,530\text{g}$
- $S_{DS} = 0,540\text{g}$
- $S_{DI} = 0,353\text{g}$

Berdasarkan data S_{DS} dan S_{DI} dengan mengacu SNI 03-1726-2012, kategori desain seismik (KDS) lokasi yang ditinjau termasuk Kategori Resiko D, dimana tingkat resiko seismik tinggi sehingga pilihan sistem struktur adalah SRPMK untuk struktur tanpa perkuatan dan SRBKK untuk struktur dengan perkuatan.

Tabel 3.1. Koefisien Desain dan Faktor-faktor Sistem Penahan Gempa

Koefisien Desain dan Faktor-faktor Sistem Penahan Gempa		
NOTASI	SRPMK	SRBKK
R	8	6
Ω_o	3	2
C_d	5,5	5

Batasan Periode berdasarkan SNI 03-1726-2012 :

Batas Bawah :

$T_{a \text{ min}} = C_t \cdot h_n^x$

$C_t = 0,0724$

$h_n = 18 \text{ m}$

$x = 0,8$

$T_{a \text{ min}} = 0,731 \text{ detik}$ (Batas Bawah)

Batas Atas :

$T_{a \text{ maks}} = C_u \cdot T_a = C_u \cdot 0,731$

$C_u = 1,4$

$T_{a \text{ maks}} = C_u \cdot T_a = 1,0235 \text{ detik}$

3.4.1 Kontrol Hasil Analisa Struktur

Dari hasil analisa getar bebas dengan menggunakan program SAP2000 didapatkan hasil data perioda getar bebas pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Modal Partisipasi Massa (Output SAP2000)

Step	SRPM			SRBK		
	Period	SumUX	SumUY	Period	SumUX	SumUY
1	4,004	0,815	0,000	0,595	0,000	0,767
2	1,899	0,815	0,000	0,402	0,000	0,767
3	1,878	0,815	0,785	0,397	0,524	0,767
4	1,384	0,917	0,785	0,318	0,712	0,767
5	0,903	0,963	0,785	0,216	0,712	0,767
6	0,752	1,000	0,785	0,216	0,712	0,767
7	0,585	1,000	0,785	0,212	0,712	0,850
8	0,580	1,000	0,898	0,209	0,712	0,850

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.3 Modal Load Participation Ratios (Output SAP2000)

ItemType	Item	Static Percent	Dynamic Percent
SRPM			
SRBK			
Acceleration	UX	96,7092	71,1585
Acceleration	UY	99,2784	85,0452
Acceleration	UZ	0	0

Sumber : hasil analisa

Hasil analisa menunjukkan bahwa akselerasi statik arah x dan y mempunyai *Modal Load Participation Ratios* > 90% .

Tabel 3.4 Periode Getar Bebas Struktur (Output SAP2000)

Mode	SRPM				SRBK			
	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
1	4,00	0,25	1,57	2,46	0,595	1,682	10,566	111,650
2	1,90	0,53	3,31	10,95	0,402	2,491	15,648	244,870
3	1,88	0,53	3,35	11,19	0,397	2,518	15,821	250,300
4	1,38	0,72	4,54	20,61	0,318	3,143	19,746	389,910
5	0,90	1,11	6,96	48,40	0,216	4,631	29,098	846,690
6	0,75	1,33	8,35	69,78	0,216	4,632	29,101	846,850
7	0,59	1,71	10,73	115,18	0,212	4,710	29,592	875,690
8	0,58	1,73	10,84	117,55	0,209	4,775	30,003	900,170

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.5. Data Input Pembebanan Gempa

	Satuan	SRPM	SRBK
Periode Getar Bebas, Tc	Sec.	1,0235	0,731
Koef. Geser Dasar Gempa, Cs		0,0431	0,081
(B.Tetap+25%B.Hidup), Wt	kN	12.047,645	12.243,97
Base Shear, V	kN	519,25	991,75

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.6. *Base Reaction* SRBK (Output SAP2000)

OutputCase Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
SRPM			
Estatik x	519,25	0	0
Estatik y	0	519,25	0
DL+0,25L	0	0	12.047,645
SRBK			
Estatik x	-991,76	0,00	0,00
Estatik y	0,00	-991,76	0,00
DL+0,25L	0,00	0,00	12.243,96

Sumber : hasil analisa

Dari hasil output pada tabel 3.6 menunjukkan kesamaan hasilnya dengan tabel 3.5 ini menunjukkan input beban yang dilakukan sudah benar, artinya analisa selanjutnya dapat dilakukan.

3.4.3. Kombinasi Beban

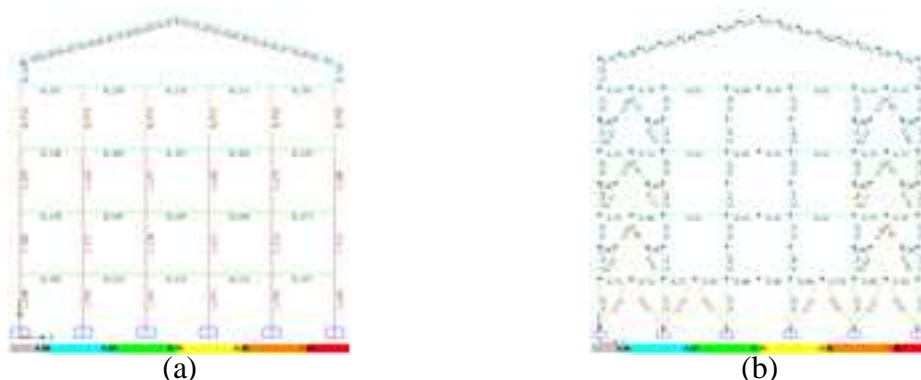
Kombinasi beban yang digunakan pada studi ini adalah sebagai berikut,

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,0 L (*Rubber Sheet*) + 1,6 P (beban hidup pada Atap)
3. 1,2(D + 0,2 S_{DS}) + 1,0 (L+P) ± 1,3 E
4. 0,9(D + 0,2 S_{DS}) ± 1,3 E

3.5 Hasil Analisa Struktur Kondisi Linier

Setelah dilakukan pemeriksaan pada struktur eksisting dengan memasukan beban gempa rencana yaitu kombinasi 3 dan 4 didapatkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan kekuatan, dimana *Strength Ratio* > 1 terjadi pada kolom kondisi ini dapat terlihat lihat pada gambar 3.18 (a), dimana *Strength Ratio* untuk kolom sebesar **2,231 > 1**, sedangkan *Strength Ratio* pada balok sebesar **0,592 < 1**, artinya balok masih mampu menahan beban gempa nominal rencana.

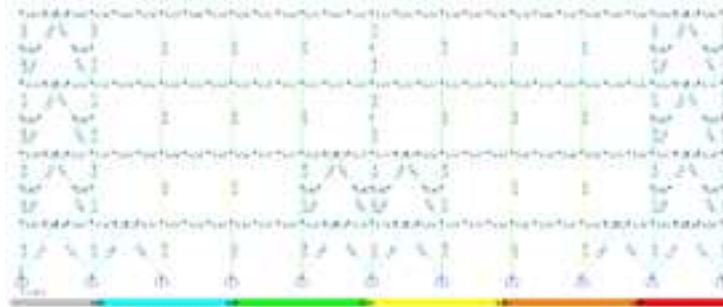
Dari hasil analisa diatas dapat ditarik kesimpulan sementara, struktur yang ditinjau tidak mampu menahan beban gempa nominal, yaitu gempa dengan beban geser dasar elastis dibagi dengan faktor reduksi, sebesar R dan faktor keutamaan, sebesar I_e. Sebagai alternatif perkuatanan struktur penulis melakukan dengan memasang *bracing* pada portal arah- y maupun arah-x, dimana dari hasil optimalisasi yang dilakukan dengan menggunakan berbagai model dan komponen perkuatan didapatkanlah model struktur rangka bresing konsentrik (SRBK) dengan menggunakan material IWF100.100.6.8 seperti terlihat pada gambar 3.10 sd. 3.15.



Gambar 3.18.

- (a). P-M Interaksi Rasio > 1, Akibat Beban Gravitasi Sebelum di Pasang *Bracing* Pada arah y
 (b). P-M Interaksi Rasio < 1, Akibat Beban Gravitasi Setelah di Pasang *Bracing* Pada arah y

Hasil analisa struktur yang dilakukan pada struktur dengan perkuatan SRBK (gbr. 3.18(b)) yang hanya dibebani dengan beban gravitasi (Kombinasi 1 dan 2) memenuhi persyaratan kekuatan dimana, *Strength Ratio* < 1 (Kolom=0,853, Balok=0,252 dan Bresing=0,103), artinya pemilihan perkuatan cukup memenuhi syarat kekuatan.



Gambar 3.19. P-M Interaksi Rasio < 1, Akibat Beban Gravitasi Setelah di Pasang *Bracing* Pada Portal arah x



Gambar 3.20. P-M Interaksi Rasio Akibat Beban Gravitasi Dan Gempa Setelah di Pasang *Bracing* Pada Portal arah x (Rangka 2 dan 5)

Tahap selanjutnya dilakukan pembebanan gempa statik pada struktur SRBKK untuk mengetahui stabilitas struktur. Dari hasil analisa terlihat dari gambar 3.19 dan 3.20. diatas pada rangka arah -x dan arah- y *Strength Ratio* < 1 (balok = 0,49; kolom = 0,942; bresing = 0,937), a artinya SRBKK mampu menahan beban nominal gempa rencana. Tahap berikutnya lakukan pemeriksaan defleksi dan simpangan antar tingkat, P-Δ serta stabilitas dan pembesaran torsi.

Tabel 3.7. Defleksi dan Simpangan Antar Lantai Arah -x

Lantai	Tinggi (mm)	Tinggi Tingkat (h _{sx}) (mm)	δ _{xe} (mm)	δ _x (mm)	Δ _x (mm)	Δ _a /ρ (mm)	Kontrol Δ _x ≤ Δ _a /ρ
4	17.000	4.500	4,90	24,49	6,01	90	Ok
3	12.500	4.500	3,70	18,48	9,98	90	Ok
2	8.000	4.500	1,70	8,49	6,17	90	Ok
1	3.500	3.500	0,46	2,32	2,32	70	Ok

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.8. Defleksi dan Simpangan Antar Lantai Arah -y

Lantai	Tinggi (mm)	Tinggi Tingkat (h _{sy}) (mm)	δ _{ye} (mm)	δ _y (mm)	Δ _y (mm)	Δ _a /ρ (mm)	Kontrol Δ _x ≤ Δ _a /ρ
4	17.000	4.500	11,58	57,91	11,24	90	Ok
3	12.500	4.500	9,33	46,67	18,07	90	Ok
2	8.000	4.500	5,72	28,60	21,94	90	Ok
1	3.500	3.500	1,33	6,67	6,67	70	Ok

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.9. Koefisien Stabilitas Arah x

Tingkat	h_{si} (mm)	Δ_x (mm)	P_i (kN)	V_i (kN)	θ (rad)	θ_{maks} (rad)	$\theta < 0,1$	$\theta < \theta_{maks}$
4	17000	6,01	3.165,50	411,22	0,000495	0,0909	OK	OK
3	12500	9,98	6.160,38	713,58	0,001254	0,0909	OK	OK
2	8000	6,17	9.167,58	907,10	0,001708	0,0909	OK	OK
1	3500	2,32	12.179,57	991,76	0,001478	0,0909	OK	OK

Sumber : hasil analisa

Dimana,

Nilai $C_d = 5$; $I_e = 1,0$; dan $\beta = 1,0$

Tabel 3.10 Koefisien Stabilitas Arah y

Tingkat	h_{si} (mm)	Δ_y (mm)	P_i (kN)	V_i (kN)	θ (rad)	θ_{maks} (rad)	$\theta < 0,1$	$\theta < \theta_{maks}$
4	17000	11,24	3.165,50	411,22	0,000926	0,0909	OK	OK
3	12500	18,07	6.160,38	713,58	0,00227	0,0909	OK	OK
2	8000	21,94	9.167,58	907,10	0,005037	0,0909	OK	OK
1	3500	6,67	12.179,57	991,76	0,004252	0,0909	OK	OK

Sumber : hasil analisa

Tabel 3.11. Faktor Pembesaran Torsi

Arah	Lantai	SRBKK			
		δ_{maks} (mm)	δ_{min} (mm)	δ_{avg} (mm)	A_x
x	4	4,10	3,34	3,72	0,84
	3	3,14	2,53	2,83	0,85
	2	1,48	1,12	1,30	0,90
	1	0,42	0,32	0,37	0,90
y	4	10,39	8,20	9,30	0,87
	3	8,55	6,79	7,67	0,86
	2	5,40	4,37	4,88	0,85
	1	1,50	1,21	1,36	0,85

Sumber : hasil analisa

Dari hasil pemeriksaan diatas terlihat bahwa stabilitas struktur telah memenuhi syarat sehingga tidak perlu dilakukan disain ulang terhadap komponen-komponen struktur begitupun pengaruh dari P- Δ dapat diabaikan (tabel 3.9 dan 3.10). Kemudian dari data tabel 3.11 diatas $A_x < 1$, maka struktur termasuk kategori tanpa ketidak beraturan torsi.

3.6 Analisa Non-linier

Analisa *non-linier* dilakukan untuk mengetahui kinerja (*performance*) dari struktur yang ditinjau pada saat terjadi gempa kuat yang mengakibatkan struktur mengalami perlelahan sebagai akibat dari beban gempa besar yang bekerja pada struktur tersebut. Salah satu metode analisa yang dapat digunakan yaitu *Capacity Spectrum Method (CSM)* yang menggunakan *nonlinier static pushover analysis*, dimana metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan program SAP2000.

Pada studi kasus ini dilakukan pada dua model struktur yaitu struktur dengan kondisi eksisting tanpa perkuatan dan struktur kondisi eksisting yang diberikan perkuatan tambahan dengan menggunakan bresing konsentrik.

3.6.1 Static Phusover Analysis

Dengan melakukan optimasi terhadap terhadap struktur dengan memodelkan struktur yang semula merupakan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menjadi Sistem Struktur Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK), seperti pada gambar 3.10 sampai dengan 3.15.

A. Pemodelan Sendi Plastis

Pada sistem SRPMK bagian yang disyaratkan leleh terjadi pada ujung balok dan ujung kolom pada perletakan sedangkan pada SRBKK selain pada ujung balok dan ujung kolom pada perletakan sendi platis dimodelkan juga pada bresing pada bagian ujung dan tengah, maka pendefinisian sendi plastis dilakukan secara otomatis oleh SAP2000 sebagai berikut:

1. Balok, sendi plastis pada balok terjadi pada ujung-ujungnya akibat momen pada arah lenturnya, maka pada balok di definisikan *Auto-M3-0* dan *Auto-M3-1* pada menu *Assign-Hinges*.
2. Kolom, sendi plastis pada kolom terjadi pada ujung-ujungnya sebagai akibat adanya interaksi antara lentur dan tekan pada kedua arah bekerjanya beban gempa, maka pada balok di definisikan *Auto-PMM-0* dan *Auto-PMM-1* pada menu *Assign-Hinges*.
3. Bresing, sendi plastis pada bresing terjadi pada ujung-ujung dan tengah bentangnya sebagai akibat gaya tekan yang terjadi pada bresing akibat beban gempa, maka pada balok di definisikan *Auto-P-0* dan *Auto-P-1* pada menu *Assign-Hinges*.

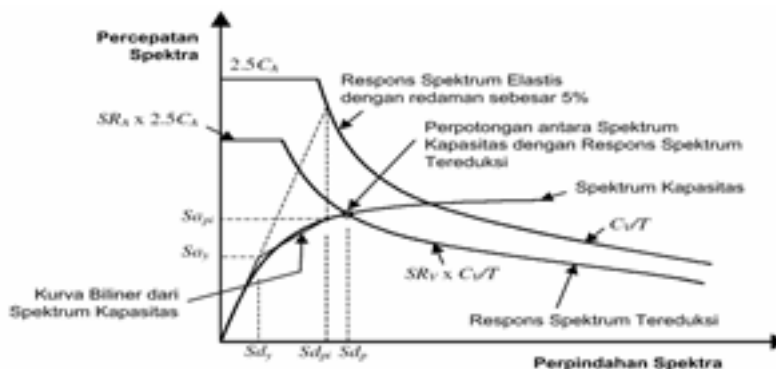
B. Pendefinisian Static Nonlinier untuk Analysis Pushover

Agar analisis *pushover* mendekati kondisi sebenarnya, maka pendefinisian *Load Cases* dilakukan secara otomatis oleh SAP2000 sebagai berikut:

1. Pembebanan Gravitasi, kasus beban ini didefinisikan sesuai pola pembebanan gravitasi, dimana beban yang diperhitungkan adalah berat sendiri struktur dan beban mati lainnya sebesar 100% serta beban hidup 25%
2. Pembebanan Lateral, setelah kasus pembebanan gravitasi selanjutnya struktur didorong dengan beban lateral yang mengikuti pola ragam 1, kemudian struktur didorong hingga mencapai perpindahan tertentu, dimana titik kontrol perpindahannya adalah lantai paling atas yaitu lantai atap. Besarnya kontrol perpindahan atap dibatasi maksimum 4% dari tinggi total struktur.

3.6.2 Perfomance Point

Metode yang digunakan pada studi kasus ini adalah *Capacity Spectrum Method* (CSM). Pada metode ini menghasilkan *Performance point*, yaitu titik pertemuan kurva kapasitas struktur (*Capacity Spectrum*) dari hasil *pushover analysis* dan kurva respon spektrum tereduksi (*Demand Spectrum*) dalam format ADRS (lihat gbr. 3.21) yang menggambarkan kapasitas struktur dalam menahan beban gempa rencana.



Gambar 3.21 *Performance Point* (ATC 40)

3.6.3 *Performance Level*

Performance level atau tingkat kinerja merupakan suatu kondisi yang menggambarkan kinerja struktur bangunan pada saat terjadi gempa rencana. Kriteria penerimaan dari tingkat kinerja adalah batasan-batasan yang harus dipenuhi oleh struktur secara global maupun lokal, agar struktur tersebut dapat dikategorikan sebagai struktur yang mempunyai tingkat kinerja tertentu.

Tabel 3.12 *Deformation Limits*

Interstory Drift Limit	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maximum Total drift	0,01	0,01 – 0,02	0,02	$0,03 \frac{V_i}{P_i}$
Maximum Inelastic Drift	0,005	0,005-0,015	No limit	No limit

Sumber: ATC 40

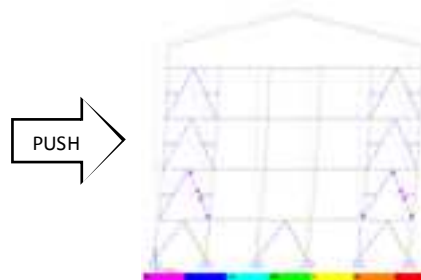
Catatan:

1. V_i adalah total gaya geser lateral pada lantai ke- i
2. P_i adalah total beban gravitasi (termasuk beban mati dan beban hidup) pada lantai ke- i

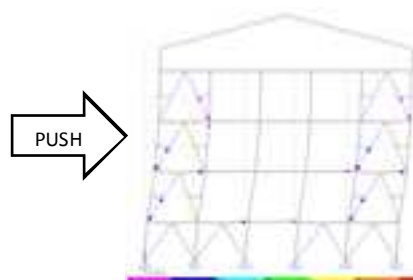
4. PEMBAHASAN

Dari hasil permodelan dan analisa *pushover* yang telah dilakukan dengan program bantu SAP2000 hasil yang diberikan adalah berupa distribusi sendi plastis, kurva kapasitas dan *performance point*.

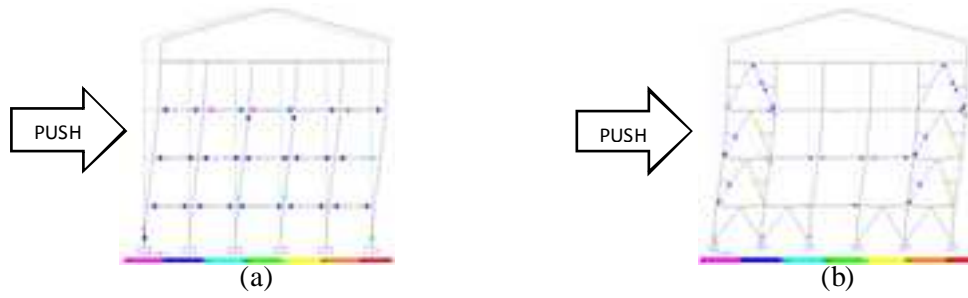
4.1. Distribusi Sendi Plastis



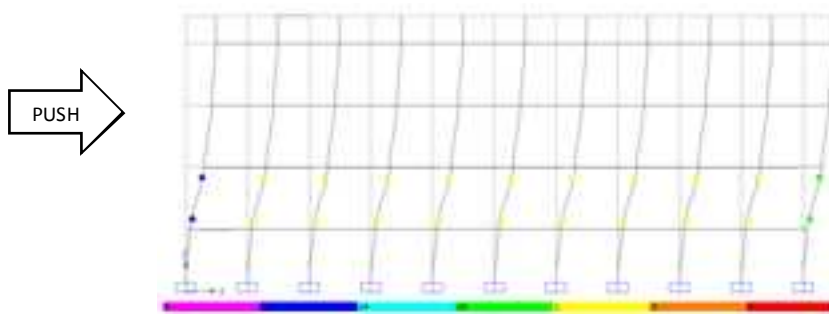
Gambar 3.22. Distribusi Sendi Plastis pada Step 2 arah y Struktur dengan Perkuatan Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK).



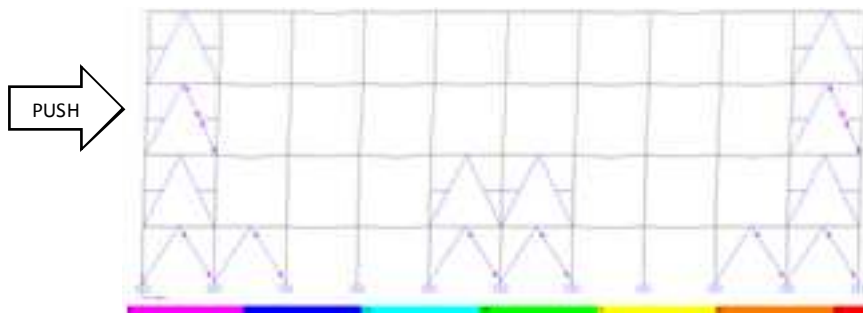
Gambar 3.23. Distribusi Sendi Plastis pada Step 4 arah y Struktur dengan Perkuatan Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK).



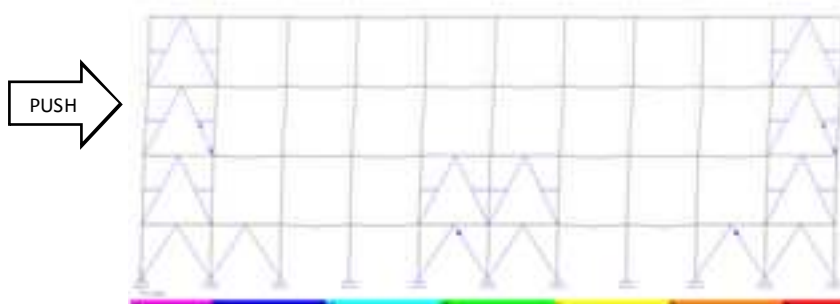
Gambar 3.24. Distribusi Sendi Plastis pada Step 6 arah y (a). Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). (b). Struktur Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK).



Gambar 3.25. Pushover arah x pada Step 8 SRPMK



Gambar 3.26. Pushover arah x pada Step 3 SRBKK



Gambar 3.27 Pushover arah x pada step 4 SRBKK.

Pada gambar 3.29 diatas menunjukkan distribusi sendi plastis pada struktur arah x pada Step ke-4 dengan $V_{step4} = 4,637,064kN$ dan $D_{step4} = 26,619mm$ (lihat Tabel 3.15) terlihat telah terjadi keruntuhan pada bresing konsentrik, akan tetapi sendi plastis tidak terjadi pada kolom maupun pada balok.

Tabel 3.13. Kapasitas Struktur SRPMK Rangka Arah y

Step	Displ. mm	Base Force KN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	Total
0	0	0	1531	0	0	0	0	0	0	1531
1	100,	827	1531	0	0	0	0	0	0	1531
2	178,20	1.474	1522	9	0	0	0	0	0	1531
3	259,33	1.963	1359	94	78	0	0	0	0	1531
4	317,55	2.135	1209	100	222	0	0	0	0	1531
5	351,55	2.197	1168	70	291	2	0	0	0	1531
6	413,21	2.257	1132	35	298	13	11	42	0	1531
7	553,84	2.334	1125	4	164	183	0	55	0	1531
8	658,86	2.385	1086	37	117	111	114	66	0	1531
9	768,97	2.425	1076	10	106	50	146	143	0	1531
10	840,68	2.437	1060	24	101	37	90	219	0	1531
11	846,08	2.437	1048	36	99	29	78	241	0	1531
12	873,04	2.435	1048	35	93	28	47	280	0	1531
13	883,55	2.433	1048	23	105	27	9	319	0	1531

Sumber: Output SAP2000

Tabel 3.14. Kapasitas Struktur SRBKK Rangka Arah y.

Step	Displac. mm	BaseForce KN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	Total
0	0,00	0,000	2471	0	0	0	0	0	0	2471
1	19,63	1681,12	2447	24	0	0	0	0	0	2471
2	25,46	1977,45	2423	24	0	0	0	24	0	2471
3	54,78	2750,05	2386	13	24	0	0	48	0	2471
4	155,20	3728,43	2325	33	33	8	0	72	0	2471
5	180,13	3868,66	2237	93	52	17	0	72	0	2471
6	223,38	4007,23	2154	78	150	0	11	78	0	2471
7	229,78	4019,34	2113	112	157	0	6	83	0	2471
8	246,75	4035,16	2081	101	198	2	2	87	0	2471
9	249,67	4036,28	2069	113	197	3	0	89	0	2471
10	257,21	4037,01	2063	88	227	4	0	89	0	2471
11	259,12	4036,81	2053	86	239	4	0	89	0	2471
12	275,41	4030,22	2046	42	255	36	3	77	12	2471
13	275,41	4030,22	2046	42	255	36	3	77	0	2471
14	310,85	4008,12	2038	24	246	10	13	128	0	2471

Sumber: Output SAP2000

Bila dilihat dari gbr. 3.24 (a) keruntuhan terjadi pada ujung balok dan kolom, berdasarkan data tabel 3.13 kapasitas struktur mengalami keruntuhan sampai mencapai Kapasitas Geser Dasar sebesar, $V_u = 2.257 kN$ dan Perpindahan Lantai Atas sebesar, $D_u = 413,21mm$ terjadi **pada step 6 (C to D)**.

Pada Gambar 3.22 menunjukkan distribusi sendi plastis pada Step ke-2 dengan $V_{step2} = 1.977,45kN$ dan $D_{step2} = 25,46mm$ (lihat Tabel 3.14), terlihat keruntuhan terjadi pada bresing konsentrik tanpa diikuti keruntuhan pada balok dan kolom, ini menunjukkan bahwa bresing berfungsi sebagai peredam beban gempa yang diterima struktur. Sampai dengan *step 6* terjadi keruntuhan pada balok (lihat gambar 3.24(b)), dimana $V_{step6} = 4.007,23kN$; $D_{step6} = 223,38mm$ (tabel 3.14). Kemudian keruntuhan kolom terjadi pada step 14 dimana $V_{step14} = 4.008,116kN$; $D_{step14} = 310,846mm$ (tabel 3.14)

Tabel 3.15. Data Kapasitas dan Distribusi Sendi Plastis SRPMK Rangka arah-x

Step	Disp. mm	Base Force KN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	Total
0	0	0,000	1531	0	0	0	0	0	0	1531
1	100	186,67	1531	0	0	0	0	0	0	1531
2	200	373,35	1531	0	0	0	0	0	0	1531
3	300	560,02	1531	0	0	0	0	0	0	1531
4	330,70	617,34	1511	20	0	0	0	0	0	1531
5	339,29	632,01	1431	100	0	0	0	0	0	1531
6	346,16	637,89	1411	120	0	0	0	0	0	1531
7	373,48	651,97	1399	24	108	0	0	0	0	1531
8	438,66	665,77	1399	0	12	0	84	36	0	1531
9	443,86	666,35	1399	0	12	0	48	72	0	1531
10	444,90	666,42	1399	0	12	0	28	92	0	1531
11	446,45	666,45	1399	0	12	0	20	100	0	1531
12	447,82	666,46	1399	0	12	0	12	108	0	1531
13	449,71	666,45	1399	0	12	0	4	116	0	1531
14	551,15	662,71	1399	0	12	0	0	120	0	1531

Sumber: Output SAP2000

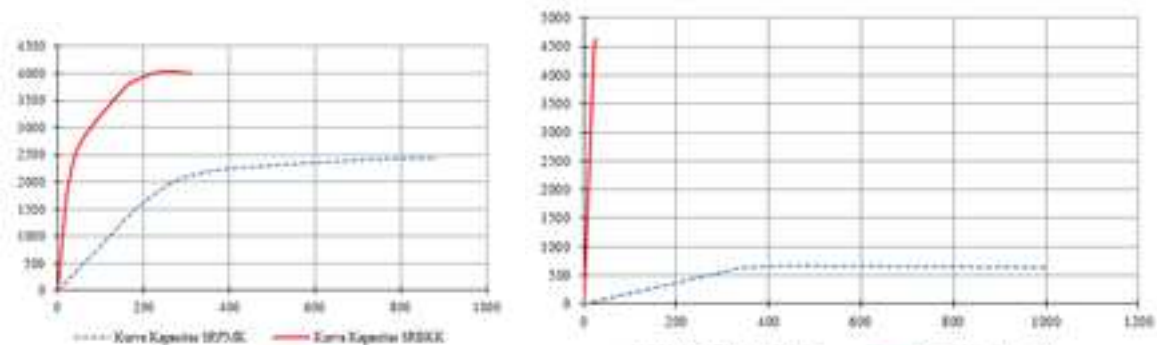
Tabel 3.16. Data Kapasitas dan Distribusi Sendi Plastis SRBKK Rangka arah-x

Step	Disp. mm	Base Force KN	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	Total
0	0	0,000	2471	0	0	0	0	0	0	2471
1	20,876	4227,471	2455	16	0	0	0	0	0	2471
2	22,316	4468,352	2371	100	0	0	0	0	0	2471
3	22,633	4497,119	2353	118	0	0	0	0	0	2471
4	26,619	4637,064	2351	26	40	0	0	54	0	2471
5	26,698	4637,347	2351	26	32	0	0	62	0	2471

Sumber: Output SAP2000

Bila dilihat dari tabel 3.15 kapasitas struktur SRPMK portal arah-x mengalami keruntuhan pada kolom lantai 2 (gbr. 3.25) sampai mencapai Kapasitas Geser Dasar sebesar, $V_u = 665,77kN$ dan Perpindahan Lantai Atas sebesar, $D_u = 438,66mm$ pada step 8 (C to D). Sedangkan struktur SRBKK portal arah-x sampai step 3 belum mengalami keruntuhan pada elemen strukturnya (gbr. 3.26) dengan Kapasitas Geser Dasar sebesar, $V_{step3} = 4497,119kN$ dan Perpindahan Lantai Atas sebesar, $D_u = 22,633mm$ dengan **Kinerja Operational (B-IO)**.

4.2. Kurva Kapasitas dan Performance Point

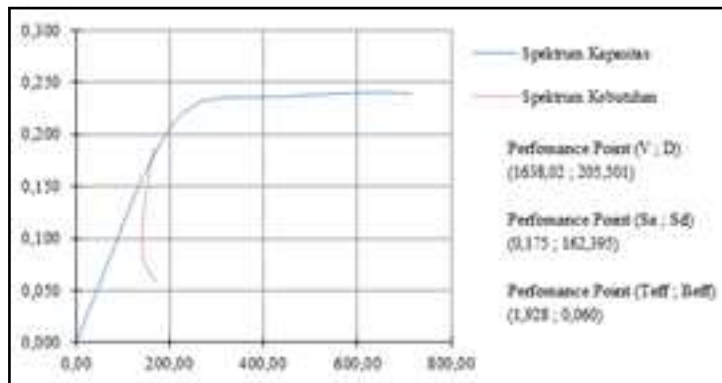


(a). SRPMK

(b). SRBKK

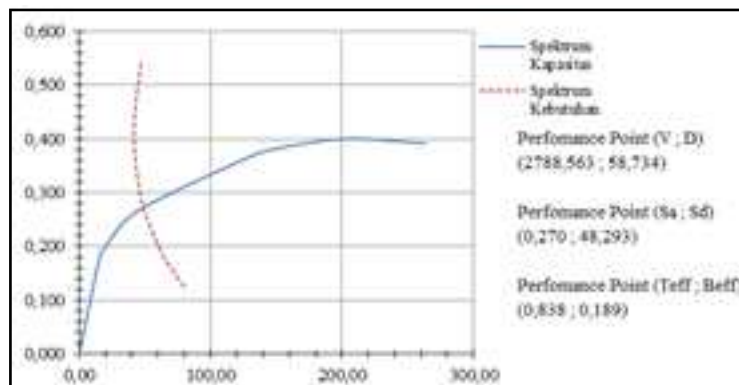
Gambar 3.25. Kurva Kapasitas

Dengan melakukan perkuatan dengan menggunakan bresing konsentrik pada rangka portal peningkatan kapasitas struktur yang cukup signifikan, ini terlihat dari gbr. 3.25 (a) dan (b).



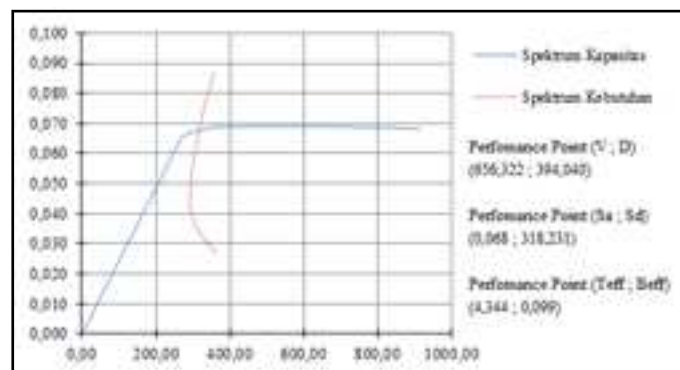
Gambar 3.26. Kurva *Performance Point* Arah y SRPMK.

Dari gambar 3.26 terlihat *performance point* terletak pada $V_{pp} = 1.638,02kN$ dan $D_{pp} = 205,501mm$, bila dilihat pada tabel 3.13 Kinerja SRPMK pada *performance point* adalah *Damage Control (IO to LS)*.



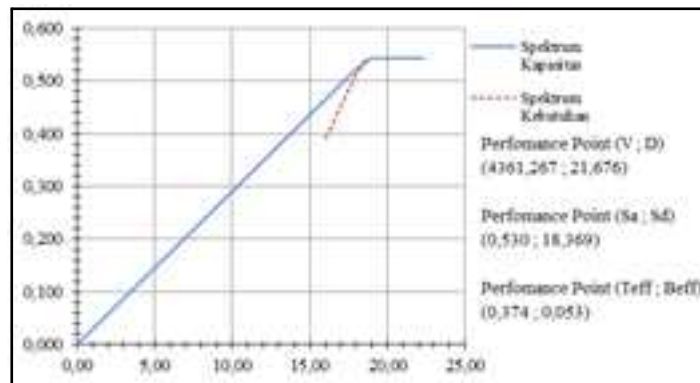
Gambar 3.27. Kurva *Performance Point* Arah y SRBKK

Gambar 3.27 menunjukkan besarnya gaya geser dasar dan perpindahan puncak pada *performance point* ($V_{pp} = 2.788,563kN$, $D_{pp} = 58,734mm$), bila dilihat pada tabel 3.14 *Performance Point* terjadi antara step 3 dan 4 besarnya $V_{Step-4} = 3.728,432kN$, $D_{Step-4} = 155,196mm$ dimana bresing telah mengalami keruntuhan (*Collapse*) sedangkan tingkat kinerja balok *Life Safety (LS-CP)* dan pada kolom belum terjadi sendi plastis (gbr. 3.23), berdasarkan kondisi ini maka kinerja bangunan adalah *Life Safety (LS)*.



Gambar 3.31 Kurva *Performance Point* Arah x SRPMK

Dari gambar 3.31 terlihat *performance point* terletak pada $V_{pp} = 656,322kN$ dan $D_{pp} = 394,040mm$, bila dilihat dari tabel 3.15 Tingkat Kinerja Struktur pada *performance point* adalah *Collapse (C to D)*.



Gambar 3.32. Kurva *Performance Point* Arah x SRBKK

Dari gambar 3.32 menunjukkan besarnya gaya geser dasar dan pepindahan puncak pada *performance point* ($V_{pp} = 4.361,267kN$, $D_{pp} = 21,676mm$), bila dilihat dari tabel 3.16 *performance point* terletak antara step 1 dan 2 dengan tingkat kinerja pada *Performance Point* adalah *Operational (O)*.

4.3. Perpindahan Atap dan *Interstory Drift*

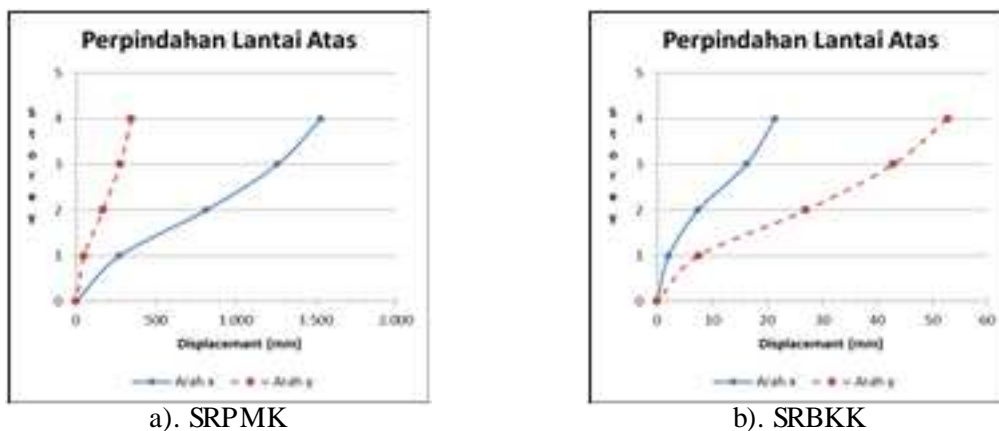
Tabel 3.17 Ringkasan Perpindahan Lantai Kondisi Linier

Sistem Struktur		SRPMK	SRBKK
Perpindahan Lantai Maksimum	δ_{xe} (mm)	278,16	4,90
	δ_{ve} (mm)	62,80	11,58
Perpindahan Antar Lantai Maksimum	Δx (mm)	540,08	9,98
	Δy (mm)	118,76	21,94

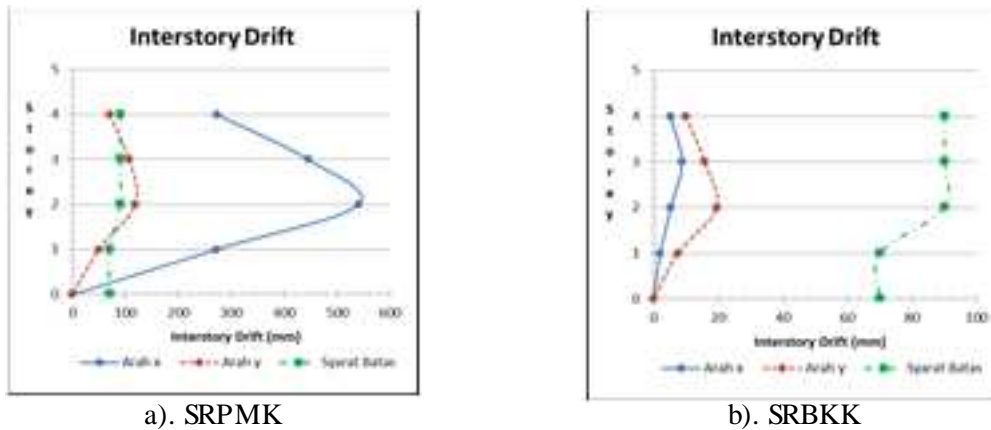
Sumber: Hasil Analisa

Catatan:

1. Perpindahan Lantai Izin = $0,02h = 340mm$
2. Perpindahan Antar Lantai Izin = $90mm$



Gambar 3.33. Perpindahan Lantai (a). Bangunan Eksisting (b). Bangunan dengan Perkuatan



a). SRPMK b). SRBKK

Gambar 3.34. Perpindahan Antar Lantai

Bila dilihat dari gambar 3.33 (a) perpindahan lantai atas arah-x=278,16mm > arah-y=62,8mm, dimana dapat disimpulkan bahwa pada bangunan eksisting (SRPMK) rangka portal arah-y (bentang pendek) lebih kaku daripada arah-x (bentang memanjang). Sedangkan perpindahan lantai atas bangunan dengan perkuatan arah-y=11,58mm > arah-x=4,9mm, dimana dapat disimpulkan bahwa pada bangunan dengan perkuatan (SRBK) rangka portal arah x (bentang memanjang) lebih kaku daripada arah y (bentang pendek). Besar *Interstory Drift* pada bangunan eksisting arah x dan arah y melampui syarat batas gbr. 3.34(a). Setelah dilakukan perkuatan pada bangunan eksisting dengan menggunakan Bresing konsentrik, *Interstory Drift* terjadi tidak melampaui syarat batas gbr. 3.34 (b).

4.4. Performance Level

Tabel 3.18 Level Kinerja pada Performance Point

Type Struktur	Max. Total Drift	Performance Level (ATC40l)	Max. Inelastic Drift	Performance Level (ATC40)
Rangka Portal Arah-x				
SRPMK	0,0163	Damage Control (IO-LS)	0,032	Collapse (C)
SRBKK	0,0003	Immediate Occupancy (IO)	0,00059	Immediate Occupancy (IO)
Rangka Portal Arah-y				
SRPMK	0,0037	Immediate Occupancy (IO)	0,0070	Damage Control (IO-LS)
SRBKK	0,00068	Immediate Occupancy (IO)	0,0013	Damage Control (IO-LS)

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 3.19. Ringkasan Beban Geser Rangka Arah-x

Pushover Analysis Arah x		Bangunan Eksisting	Bangunan Diperkuat	Persentase (%) Terhadap Bangunan Eksisting	
Sistem Struktur		SRPMK	SRBKK	Naik	Turun
Nominal	Vn (kN)	519,25	991,760	91,00	-
	Dn (mm)	278,16	4,90	-	98,24
Leleh	Vy (kN)	661,168	4.463,028	575,02	-
	Dy (mm)	354,185	22,040	-	93,78
Performance Point	Vpp (kN)	656,322	4.361,267	564,50	-
	Dpp (mm)	394,04	21,676	-	94,50
Collapse Pada Bresing	Vu (kN)	-	4.637,064	-	-
	Du (mm)	-	26,619	-	-
Collapse Pada Balok/Kolom	Vu (kN)	666,42	4.637,347	595,86	-
	Du (mm)	444,90	26,698	-	94,00

Sumber: Hasil Analisa

Tabel 3.20 Ringkasan Beban Geser Rangka Arah-y

Pushover Analysis Arah y		Bangunan Eksisting	Bangunan Diperkuat	Persentase (%) Terhadap Bangunan Eksisting	
				Naik	Turun
Sistem Struktur		SRPMK	SRBKK	Naik	Turun
Nominal	V _n (kN)	519,250	991,760	91,00	-
	D _n (mm)	62,800	11,582	-	81,56
Leleh	V _y (kN)	1.709,147	2.311,0059	35,21	-
	D _y (mm)	206,700	26,9889	-	86,94
Performance Point	V _{pp} (kN)	1.638,020	2.788,563	70,24	-
	D _{pp} (mm)	205,501	58,734	-	71,42
Collapse Pada Bresing	V _u (kN)	-	1.977,452	-	-
	D _u (mm)	-	25,457	-	-
Collapse Pada Balok/Kolom	V _u (kN)	2.257,279	4.007,23	77,52	-
	D _u (mm)	413,210	223,38	-	45,94

Sumber: Hasil Analisa

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur bangunan perjemuran karet PT. Mardec Siger Waykanan tidak dapat menahan beban gempa nominal rencana sebesar $V_n = 519,25kN$, ini terlihat dari P-M Interaksi Rasio pada kolom melampaui 1, dimana $Strength Ratio = 2,231 > 1$, dengan perpindahan lantai atas sebesar $\delta_{xe} = 278,16mm$, $\delta_{ye} = 62,80mm$ dan perpindahan antar tingkat sebesar $\Delta_x = 540,08mm$, $\Delta_y = 118,76mm$ melampaui syarat batas.
2. Dari hasil analisa non-linier tingkat kinerja struktur bangunan eksisting pada *performance point* adalah *Collapse (C)* dengan kapasitas diambang keruntuhan sebesar $V_{pp} = 656,322kN$ dan $D_u = 394,04mm$ (rangka arah-x menentukan).
3. Setelah dilakukan perkuatan dengan memasang Bresing Konsentrik didapatkan $Strength Ratio Maksimum = 0,942 < 1$ pada kolom lantai 2, dengan beban gempa nominal rencana sebesar $V_n = 991,760kN$ dan perpindahan lantai atas sebesar $\delta_{xe} = 4,90mm$, $\delta_{ye} = 11,58mm$ dan perpindahan antar tingkat sebesar $\Delta_x = 9,98mm$, $\Delta_y = 21,94mm$ memenuhi syarat batas.
4. Dengan adanya perkuatan tingkat kinerja pada *performance point* menjadi *Damage Control (IO-LS)*, dimana kapasitas keruntuhan pada Bresing Konsentrik sebesar, $V_{pp} = 2788,563kN$ dan $D_{pp} = 58,734mm$ (rangka arah-y menentukan).
5. Penggunaan bresing konsentrik sebagai perkuatan bangunan eksisting telah memenuhi persyaratan.

4.2. Saran

Dari hasil studi ini dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Khususnya pada pihak perusahaan PT. Mardec Siger Waykanan, untuk memasang skoor berupa bresing konsentrik terhadap struktur bangunan eksisting dengan tujuan untuk menghindari terjadinya keruntuhan struktur bangunan pada saat terjadi gempa, sehingga dapat menghindari terjadinya korban jiwa serta dapat mengurangi biaya perbaikan terhadap struktur bangunan yang rusak akibat terjadinya gempa kuat.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut pada sambungan balok-kolom dan kolom-pedestal.

DAFTAR PUSTAKA

Applied Technology Council. (1996). “*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building*”. ATC-40. Volume 1. Redwood City.

- ASCE. (2000). *“Prestandard and Commentary for seismic Rehabilitation of Building”*. FEMA356, Washington DC.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *“Tata Cara Perhitungan Struktur Baja”*. SNI-03-1729-2002. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung”*. SNI-03-1726-2012. Jakarta.
- CSI, (2005), *“Analysis Reference Manual”*. Computers and Structures, Inc., Berkeley, California.
- Dewobroto, W. (2005), *“Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover”*, Civil Engineering National Conference, Unika Soegijapranata, Semarang.
- Moestopo, M. (2014), *“Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa”*, Short Course HAKI, Hotel Borobudur, Jakarta.
- Sapta, Farlianti, S. (2015), *“Kapasitas Struktur Baja Bangunan Penjemuran Karet PT. Mardec Siger Waykanan Akibat Beban Gempa”*, Jurnal Teknik TEKNIKA, Fakultas Teknik Universitas IBA, Vol.2 No.2 Oktober 2015.