

JURNAL Techno-Socio Ekonomika

Jurnal Ilmu-Ilmu Ekonomi-Sosial dan Teknologi

**Dampak Indeks *Global* Terhadap Indeks *Lq45* di Bursa Efek Indonesia
Periode Tahun 2014-2016**
Tahmat

**Monitoring Informasi Cuaca Secara *Near Time* dengan Media Komunikasi
Internet Berbasis Arduino Melalui *Server Thinkspeak.com***
Pamungkas Daud¹, Muhammad Imron², D. Mahmudin³

**Perencanaan Persediaan Bahan Baku Teh Dengan Metode *Material
Requirements Planning (MRP)* Di Industri Hilir Teh (IHT)
PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) VIII**
Inayati Nasrudin¹, Risma Rivana², Sofiani Nalwin Nurbani³

**Analisis Tingkat Pelayanan Jalan Arteri Primer
Ditinjau dari Hambatan Samping dan Persimpangan**
Iman Hidayat¹, R Didin Kusdian², Abdul Chalid³

**Analisis *Pushover* Pada Bangunan Struktur Rangka Baja
Asrama Sangkuriang ITB – Bandung**
Muhamad Ryanto

Sensor Resistif Gas Oksigen Untuk Lingkungan
Slamet Widodo

**Kajian *Leksikostatistik* dan *Glotokronologi*
Bahasa Sunda dan Bahasa Lahat**
Reza Saeful Rachman

**Analisa Proses *Repair* Katup Mesin Diesel Untuk
Pembangkit Tenaga Listrik**
Asep Lukman Koswara

**Analisa Daya Alternator Terhadap Beban Pemakaian
Kelistrikan Mesin Kijang 4k**
Cecep Deni Mulyadi

Bangunan Hemat Energi
Dody Kusmana



JURNAL USB--YPKP	VOLUME 10	NO 2	HALAMAN 116 - 223	BANDUNG NOVEMBER 2017	ISSN 1979-4835
---------------------	--------------	---------	----------------------	--------------------------	-------------------

ISSN 1979-4835



9 771979 483507

Muhamad Ryanto

ABSTRAK

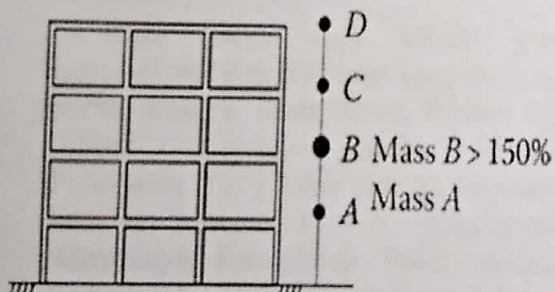
Ketidakteraturan konfigurasi bangunan dalam perencanaan struktur tidak dapat dihindari, termasuk ketidakteraturan vertikal pada lantai bangunan. Akibat ketidakteraturan struktur pada desain tersebut terhadap beban gaya gempa, pengecekan keruntuhan sistem struktur yang dapat dilakukan yaitu dengan metode analisis Pushover.

Analisis Pushover atau analisis beban dorong statik merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa. Penelitian dilakukan menggunakan program ETABS untuk mengetahui berapa besar keruntuhan bangunan yang dapat ditahan struktur serta besar perpindahan maksimum struktur. Melalui program ETABS dapat diketahui pula level kinerja struktur bangunan tersebut. Tipe struktur bangunan yang dimodelkan berupa bangunan 3D frame terbuka. Bangunan berupa struktur rangka baja. Penelitian mengacu pada SNI 1726-2012, FEMA-356 dan ATC-40.

Kata kunci: analisis pushover, level kinerja, sendi plastis, keruntuhan

PENDAHULUAN**Latar Belakang**

Ketidakteraturan pada struktur dan konfigurasi bangunan seringkali tidak dapat dihindari. Salah satu ketidakteraturan konfigurasi vertikal pada **Gambar 1**, contohnya adalah bangunan bertingkat yang bertipe gedung perkantoran, hotel atau bangunan hunian lainnya, berupa perbedaan bentuk dan massa lantai tiap tingkat.

Graphic Interpretation

Gambar 1. Ketidakteraturan massa pada lantai bangunan

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, maka risiko kerusakan bangunan menjadi tinggi pula yang akan terjadi. Dalam konteksnya terhadap ruang lingkup kerja teknik sipil,

kondisi tersebut berpengaruh besar dalam perencanaan desain struktur bangunan.

Dengan adanya gempa, umumnya yang sering mengalami keruntuhan struktur terjadi pada kolom bawah dan balok tidak mengalami sendi plastis. Ini dapat menyebabkan kerusakan parah pada struktur bangunan yang membuat bangunan runtuh atau terpaksa harus diruntuhkan karena tidak memungkinkan dilakukan perbaikan.

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.

Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung bertingkat menggunakan analisis *pushover*.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

- Struktur gedung berfungsi sebagai asrama dengan ketinggian 5 lantai

- b. Struktur gedung merupakan gedung struktur baja
- c. Perencanaan menggunakan analisis Dinamik Respon Spektrum dan Statik Non-Linier *Pushover*
- d. Analisis perencanaan menggunakan program ETABS.
- e. Analisa Gempa menggunakan Peraturan SNI : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 1726-2012.
- f. Perilaku struktur dievaluasi dalam 3 Dimensi (3D) dengan frame terbuka.
- g. Menggunakan Perencanaan Tahan Gempa berbasis kinerja yang mengacu pada ATC-40.

sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara barangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan di satu atau lebih lokasi di struktur tersebut, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elasto-plastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

Analisis *Pushover* menghasilkan kurva *pushover* (**Gambar 2**), kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (V) versus perpindahan titik acuan pada atap (D).

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja bangunan pada kondisi pasca elastik akibat beban gempa.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beban gempa terhadap bangunan dengan terjadinya keruntuhan sendi plastis pada struktur.

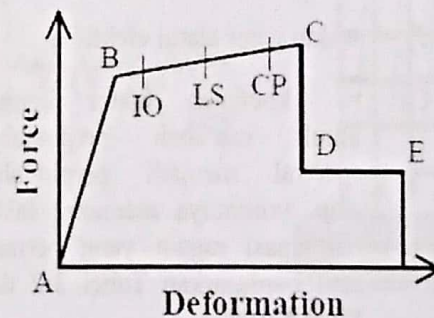
LANDASAN TEORI

Ketidakteraturan Tingkat (*Vertical irregularities*)

Salah satu ketidakberaturan secara vertikal adalah ketidakberaturan perbedaan massa pada tingkat. Jika kolom-kolom tingkat mempunyai kekakuan yang sama di setiap lantai atasnya, maka energi gaya gempa akan diserap pada kolom paling bawah setelah terjadinya balok-balok mengalami plastis, sehingga akan terjadilah keruntuhan sendi-sendi plastis terjadi pada ujung-ujung kolom bawah.

Analisis Beban Dorong Statik (*Pushover*)

Analisis beban dorong statik (*Static Pushover Analysis*) merupakan analisis perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap



Gambar 2. Kurva *Pushover*

Kurva *Pushover* dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong.

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya. Analisis *pushover* dapat digunakan sebagai alat bantu perencanaan tahan gempa, asalkan menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada misalnya 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.

Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

Metode Koefisien Perpindahan atau *Displacement Coefficient Method (DCM)* merupakan metode yang terdapat dalam **FEMA 273/356** untuk prosedur analisis statik nonlinier. Penyelesaian dilakukan dengan memodifikasi respons elastis linier dari sistem **SDOF** ekuivalen dengan faktor koefisien C_0 , C_1 , C_2 dan C_3 sehingga dapat dihitung target perpindahan (δ_t),

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \left(\frac{T_e}{2\pi}\right)^2 \cdot g$$

dimana:

δ_t = target perpindahan

T_e = waktu getar alami efektif

C_0 = koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spectral menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama atau berdasarkan Tabel 3-2 dari **FEMA 356**.

C_1 = faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan respons elastik linier. Nilai $C_1 = 1,0$ untuk $T_e \geq T_s$ dan

$$C_1 = \frac{[1+(R-1)\frac{T_s}{T_e}]}{R} \text{ untuk } T_e < T_s$$

C_2 = koefisien untuk memperhitungkan efek "pinching" dari hubungan beban-deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan, berdasarkan Tabel 3-3 dari **FEMA 356**.

C_3 = koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P-delta. Untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca-leleh bernilai positif maka $C_3 =$

1,0. Sedangkan untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca-leleh negatif,

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e}$$

α = rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastis efektif.

R = rasio "kuat elastis perlu" terhadap "koefisien kuat leleh terhitung".

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m$$

S_a = akselerasi respon spektrum yang bekesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arak yang ditinjau.

V_y = gaya geser dasar pada saat leleh.

W = total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.

C_m = faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari **FEMA 356**.

g = percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/det}^2$.

Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Metode Spektrum Kapasitas atau *Capacity Spectrum Method (CSM)* merupakan salah satu cara untuk mengetahui kinerja suatu struktur. Dalam analisis statik *pushover* nonlinier ini didapatkan kurva kapasitas kemudian diolah lebih lanjut dengan metode Spektrum Kapasitas (ATC-40). Metode ini telah build-in dalam program **ETABS** yang akan digunakan. Hasil analisis statis *pushover* nonlinier adalah kurva *pushover* yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*Base Shear*) dan simpangan atap (*Roof Displacement*). Hubungan tersebut dinamakan kurva kapasitas struktur. Metode ini sederhana namun informasi yang dihasilkan sangat berguna karena mampu menggambarkan respon inelastic bangunan. Kurva Kapasitas hasil *pushover* diubah menjadi kapasitas spektrum seperti pada gambar 3 melalui persamaan:

$$S_a = \frac{V}{\alpha_1 W}$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \Phi_{roof, 1}}$$

$$PF = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g}}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})^2}{g} \right]^{1/2}}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{g} \right] \left[\sum_{i=1}^n \frac{(w_i \phi_{i1})^2}{g} \right]}$$

dimana:

- S_a = Spectral acceleration
- S_d = Spectral displacement
- PF_1 = modal participation untuk modal pertama
- α_1 = modal mass coefficient untuk modal pertama
= amplitude of first untuk level i
- V = gaya geser dasar
- W = berat mati bangunan ditambah beban atap
- Δ_{roof} = roof displacement
- w_i/g = massa pada level i

Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti yang diterangkan dalam SNI 1726-2012. Untuk semua tingkat ijin dimuat dalam Tabel 1 berikut.

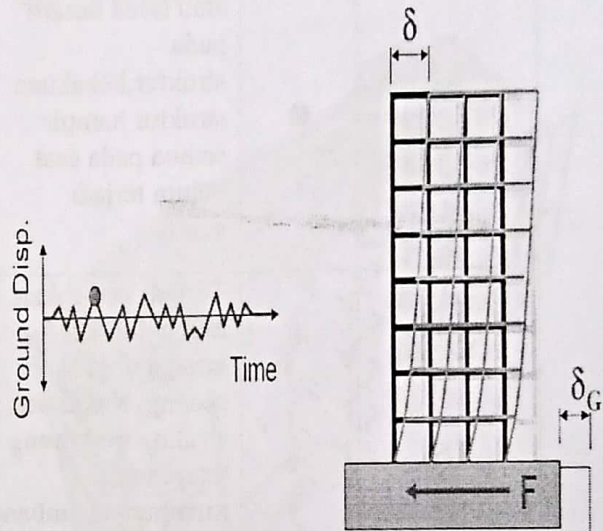
Tabel 1. Simpangan antar lantai ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ²	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

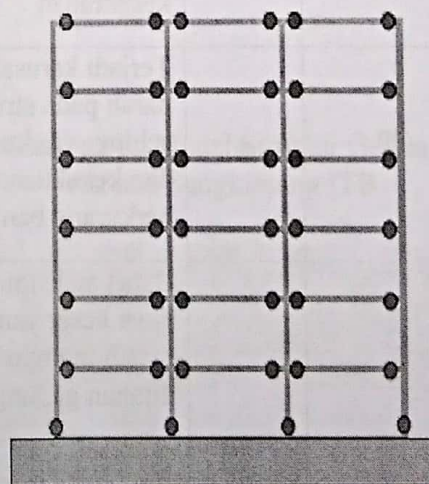
Analisis Respons Struktur

Struktur gedung saat menerima beban gempa, maka akan memikul *base shear* (Gambar 3). *Base shear* tiap lantai

merupakan fungsi dari massa (m) dan kekakuan (k) dari tiap lantai tersebut. *Base shear* mengakibatkan tiap lantai bergeser/ *displacement* dari kedudukan semula. Saat gaya gempa bekerja, maka gedung akan merespon beban gempa tersebut dengan memberikan gaya-gaya dalam. Apabila gaya-gaya dalam tersebut melebihi kemampuan/kapasitas gedung, maka gedung akan berperilaku in-elastis jika sifat struktur cukup daktail, tetapi langsung hancur apabila kurang daktail.



Gambar 3. Respon Struktur



Program ETABS

Gambar 4. Sendi Plastis terjadi pada balok dan kolom

Tabel 2. Tingkat struktur akibat terbentuknya sendi palstis dalam Mekanisme Sendi Plastis

Keterangan	Simbol	Penjelasan
B	●	Menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur
IO	●	Terjadinya kerusakan kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir semua pada saat belum terjadi gempa
LS	●	Terjadi kerusakan mulai dari kecil hingga tingkat sedang. Kekakuan struktur berkurang tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan
CP	●	Terjadi kerusakan parah pada struktur sehingga kekuatan dan kekakuannya berkurang banyak
C	●	Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan gedung
D	●	Terjadinya degradasi kekuatan struktur yang besar sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir <i>collapse</i>
E	●	Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur

Struktur gedung apabila menerima beban gempa pada tingkatan/kondisi tertentu, akan terjadi sendi plastis (*hinge*) pada balok pada gedung tersebut. Sendi plastis merupakan bentuk ketidakmampuan elemen struktur (balok dan kolom) menahan gaya dalam (**Gambar 4**). Perencanaan suatu bangunan harus sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah (*Strong Column Weak Beam*). Apabila terjadi suatu keruntuhan struktur, maka yang runtuh adalah baloknya dahulu. Apabila kolomnya runtuh dahulu, maka struktur langsung hancur. Dalam pembahasan ini menggunakan program ETABS.

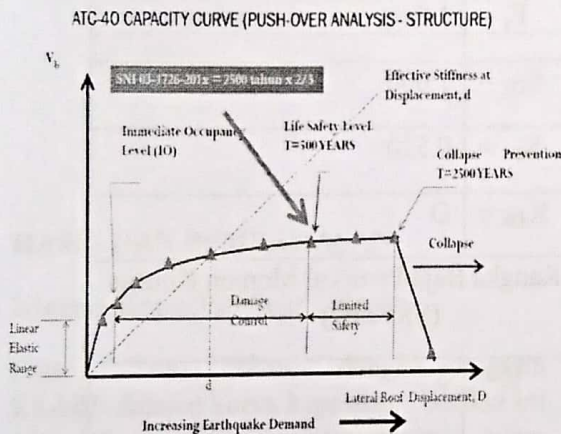
Kriteria Struktur Tahan Gempa

Bangunan pada daerah rawan gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa. Kecenderungan perencanaan yang terkini yaitu *performance based seismic design* (perencanaan tahan gempa berbasis kinerja). Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja ini merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (*upgrade*) bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman yang realistis terhadap risiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang.

Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai kejadian gempa (**Gambar 5**). Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (*level of damage*), ketahanan struktur sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang akan terjadi. Perencana selanjutnya dapat mengatur ulang kerusakan yang dapat diterima sesuai dengan risiko biaya yang akan dikeluarkan.

Menurut **ATC-40** yang menjadi acuan bagi perencanaan berbasis kinerja maka kategori kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut:

- SP-1 *Immediate Occupancy* (Penggunaan Sedang)
- SP-2 *Damage Control* (Kontrol Kerusakan)
- SP-3 *Life Safety* (Aman untuk Dihuni)
- SP-4 *Limited Safety* (Keamanan Terbatas)
- SP-5 *Structural Stability* (Stabilitas Struktur)
- SP-6 *Not Considered* (Tidak Diperhitungkan)



Gambar 5. Kurva Level Kinerja

METODOLOGI PENELITIAN

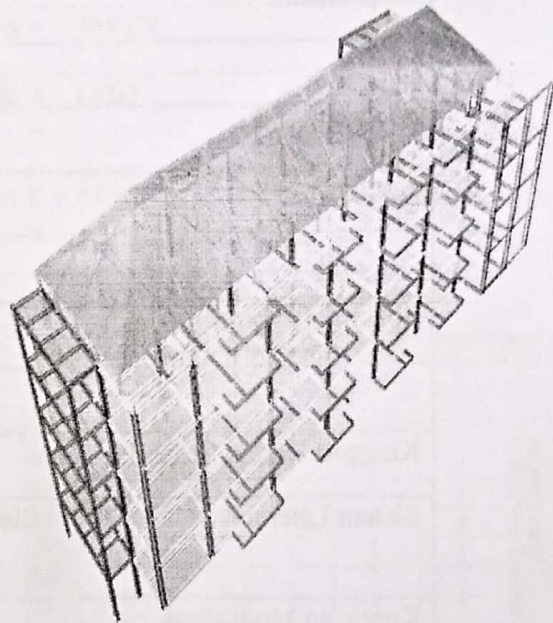
Analisis statik nonlinier *pushover* digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan. Dimana analisis yang dilakukan menggunakan program **ETABS**, dan mengacu pada **SNI 03-1726-2012**, Metode Koefisien Perpindahan **FEMA-356** dan Metode Spektrum Kapasitas **ATC-40**. Adapun, perilaku model struktur bangunan hasil analisis *pushover* dibandingkan dengan perilaku model struktur bangunan hasil analisis desain.

STUDI KASUS

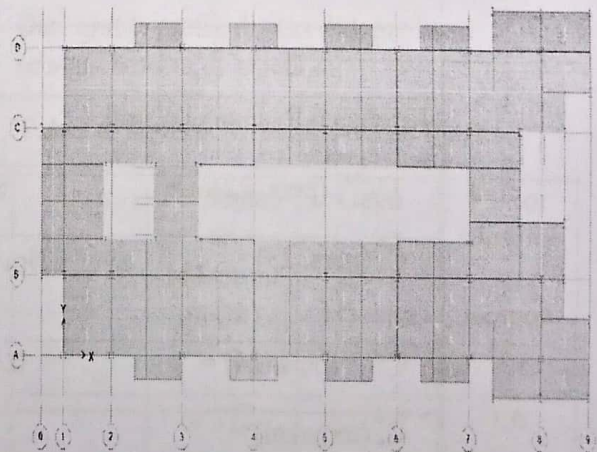
Bangunan Gedung Asrama Sangkuriang ITB terdiri dari 5 lantai untuk menunjang kegiatan hunian kampus, dimana sistem struktur yang digunakan menggunakan sistem struktur baja (**Gambar 6 & 7**).

Sistem penahan gaya gempa berupa “*Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*”

Lokasi gedung di Bandung dan dibangun di atas tanah sedang.



Gambar 6. Model Struktur Gedung Asrama Sangkuriang ITB



Gambar 7. Denah Tipikal Lantai Gedung Asrama Sangkuriang ITB

Tabel 3. Data Bangunan Gedung Asrama Sangkuriang ITB terhadap Gempa

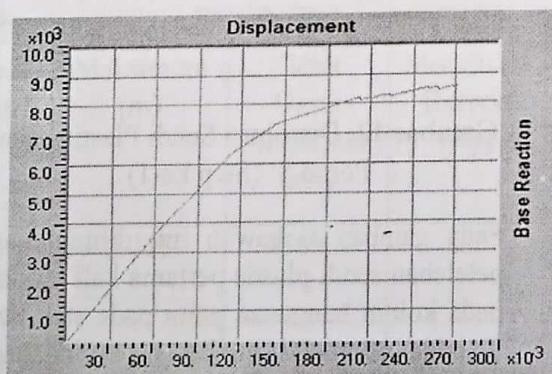
Parameter	Nilai
Kategori Risiko	II
Faktor Keutamaan (I_e)	$I_e = 1.5$
Spektral Percepatan Terpetakan	$S_s = 1.5$
	$S_1 = 0.52$
Kelas Situs	SD
Koefisien Situs	$F_a = 1.0$
	$F_v = 1.5$
Spektral Respons Percepatan	$S_{DS} = 1.000$
	$S_{D1} = 0.520$
Kategori Desain Seismik	$K_{DS} = D$
Sistem Lateral	Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Koefisien Modifikasi Respons	$R = 8$
Perioda Struktur	$T_x \text{ model} = 0.875 \text{ detik}$
	$T_y \text{ model} = 0.820 \text{ detik}$
	$C_u * T_a = 0.978 \text{ detik}$
Koefisien Respons Seismik	
C_s^{\max} (pers. 22)m =	$S_{DS}/(R/I_e) = 0.188$
C_s (pers. 23) =	$S_{D1}/(T_a*(R/I_e)) = 0.111$
C_s^{\min} (pers. 24) =	$0.44*S_{DS}*I_e = 0.066$
C_s (terpakai) =	$C_{sx} = 0.111$
	$C_{sy} = 0.119$

Berat Seismik	$W =$	15205.2 kN
Geser Dasar Desain Minimum	$V =$ $0.85 \cdot C_s \cdot W$	
	$Vd_x =$	1440 kN
	$Vd_y =$	1537 kN
Geser Dasar Terhitung pada Model (Analisis Respon Ragam)	$V_x =$	756 kN
	$V_y =$	754 kN
Faktor Skala pada Model	Faktor Skala X =	1.905
	Faktor Skala Y =	2.038

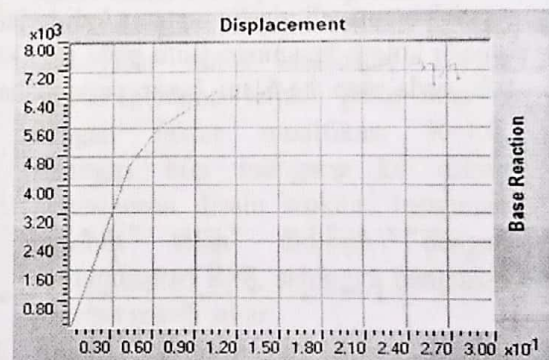
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Kapasitas Sendi Plastis

Dari analisis *Pushover* dengan program ETABS didapat kurva kapasitas. Berikut ini ditampilkan kurva kapasitas struktur dalam arah x dan y yang ditunjukkan pada Gambar 8 & 9.



Gambar 8. Kurva Kapasitas gedung akibat push-x



Gambar 9. Kurva Kapasitas gedung akibat push-y

Dari grafik-grafik di atas didapat hasil sebagai berikut di tabelkan:

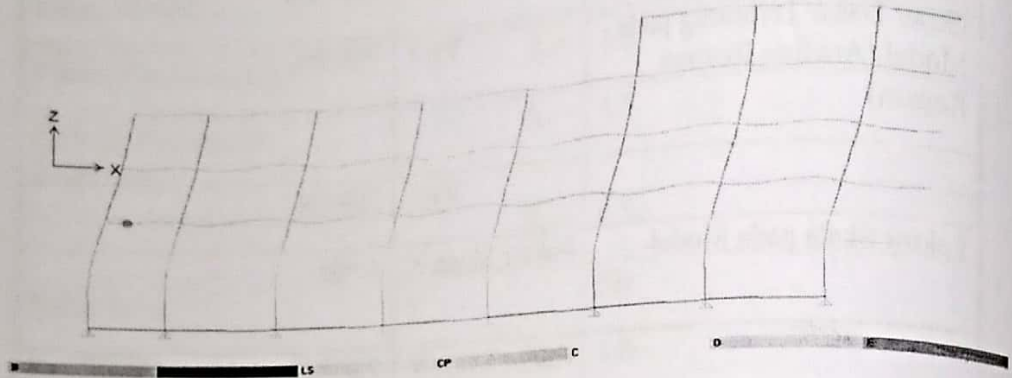
Tabel 4. Kinerja Kapasitas Sendi Plastis

Arah Bergoyang	Perpindahan Maksimum (m)	Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	Faktor Modifikasi Respon (R)
x	0.272	8574.7	1.6
y	0.280	7202.0	2.0

Mekanisme Sendi Plastis

Pada mekanisme sendi plastis ini akan ditampilkan gambar pola distribusi sendi plastis, yang menjadi model dalam penampilan sendi plastis.

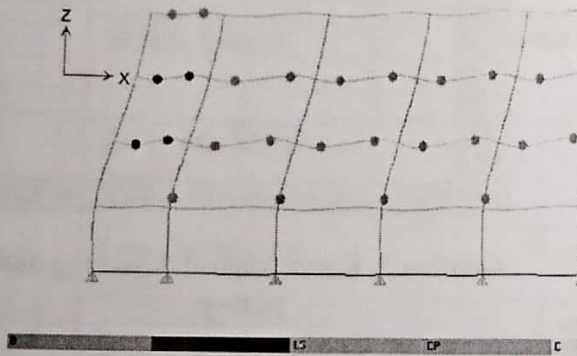
Pada bangunan ini, portal D, dimana merupakan lokasi kontrol case Push-x. Pelelehan sendi palstis pertama kali terjadi pada balok pada step ke-2 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10**. Pada step ke-2 ini, besar perpindahan adalah 0.049 m dan gaya geser dasar 2944.0 kN



Gambar 10. Distribusi Sendi Plastis pada Portal D (Step ke-2)

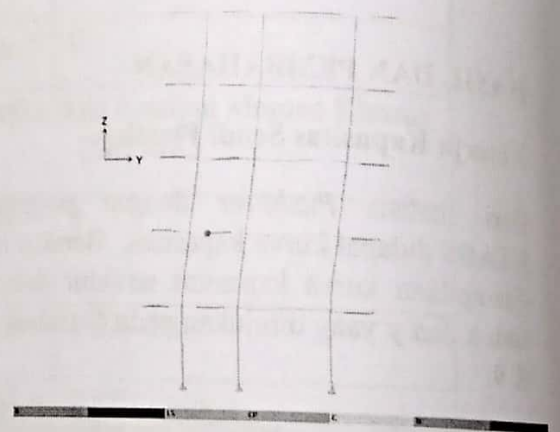
Pada gambar di bawah ini, ditunjukkan pelelehan sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom bangunan yaitu pada step ke-6. pada step ke-6 ini besar perpindahan

adalah 0.171 m dan gaya geser dasar 7722.9 kN seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 11**.



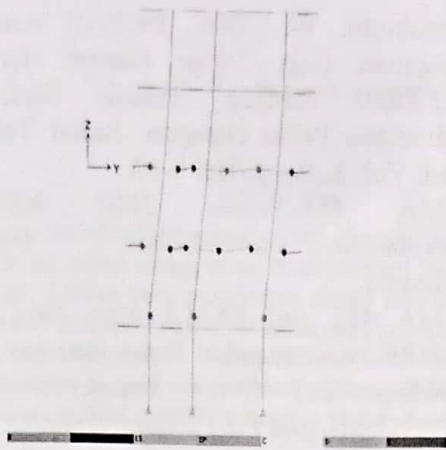
Gambar 11. Distribusi Sendi Plastis pada Portal D (Step ke-6)

Pada bangunan ini, portal 8', dimana merupakan lokasi kontrol case Push-y. Pelelehan sendi palstis pertama kali terjadi pada balok pada step ke-1 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 12**. Pada step ke-1 ini, besar perpindahan adalah 0.041 m dan gaya geser dasar 4568.3 kN



Gambar 12. Distribusi Sendi Plastis pada Portal 8' (Step ke-1)

Pada gambar di bawah ini, ditunjukkan pelelehan sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom bangunan yaitu pada step ke-3. pada step ke-3 ini besar perpindahan adalah 0.12 m dan gaya geser dasar 6880.2 kN seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Distribusi Sendi Plastis pada Portal 8' (Step ke-3)

Hasil perbandingan analisa *pushover* dengan gempa desain dapat dilihat pada tabel di bawah berikut ini :

Tabel 5. Analisis *Pushover* untuk arah x

Kontrol Sendi Plastis	Perpindahan Maksimum (m)	Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	Faktor Modifikasi Respon (Rx)
Step 2	0.049	2944.0	4.6
Step 6	0.171	7722.9	1.8

Tabel 6. Analisis *Pushover* untuk arah y

Kontrol Sendi Plastis	Perpindahan Maksimum (m)	Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	Faktor Modifikasi Respon (Ry)
Step 1	0.041	4568.3	3.1
Step 3	0.120	6880.2	2.1

Tabel 7. Analisis Gempa Desain

Arah Bergoyang	Perpindahan Maksimum (m)	Gaya Geser Dasar Maksimum (kN)	Faktor Modifikasi Respon
x	0.018	1694.0	8
y	0.017	1808.0	8

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi pada struktur yang dijadikan tinjauan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis *pushover* untuk arah x, didapat untuk balok sendi plastis pertama pada step 2 dengan faktor modifikasi $R=4.6$, sedangkan untuk mencapai kolom plastis pertama terjadi pada step 6 dengan faktor modifikasi $R=1.6$, sehingga bila mengacu ke dalam perencanaan disain struktur, bangunan tersebut telah didisain dengan menggunakan $R=8$, sehingga bangunan tersebut masih aman.
2. Analisis *pushover* untuk arah y, didapat untuk balok sendi plastis pertama pada step 1 dengan faktor modifikasi $R=3.1$, sedangkan untuk mencapai kolom plastis pertama terjadi pada step 3 dengan faktor modifikasi $R=2.1$, sehingga bila mengacu ke dalam perencanaan disain struktur, bangunan tersebut telah didisain dengan menggunakan $R=8$, sehingga bangunan tersebut masih aman.
3. Melihat hasil gaya gempa pada gedung tersebut dapat memikul gaya gempa lebih besar dari hasil perencanaan.

SARAN

1. Untuk kasus analisis *pushover* dapat diketahui tingkat berbagai jenis kerusakan-kerusakan yang akan terjadi pada bangunan sehingga diperlukan

analisis coba-coba untuk mengetahui secara detail tingkat kerusakan yang akan terjadi.

2. Untuk mengoptimalkan hasil disain, dengan mengacu rancangan kapasitas penampang yang terpasang agar dapat dipastikan struktur *strong column weak beam*, sehingga dapat dilakukan analisis berkali-kali untuk menghindari adanya *overdesign* maupun *underdesign*.

DAFTAR PUSTAKA

ASCE, 2000. *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency (FEMA) 356. Washinton,DC.*

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2012)*. Bandung.

Budiono, B. 2011. *Konsep SNI Gempa 1726:201x.Seminar HAKI*

CSI, 2013. *Analysis Reference Manual For SAP2000, ETABS, SAFE, CsiBridge. Berkeley. California USA.*

Dewobroto, W. 2006. *Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000. Jurusan Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1. Hal 8-10.*

FEMA 451, - the 2003 *Recommended Provisions: Examples*

FEMA 451 and FEMA 450, the 2003 *NEHRP Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures (Part 1, Provisions, and Part 2, Commentary)*

Ginsar, I.M. Lumantarna, B. *Seismic Performance Evaluation Of building With Pushover Analysis. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.*

Penulis :

Muhamad Ryanto, ST., MT.

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil,

Universitas Sangga Buana YPKP