

**KAJIAN ANALISIS *PUSHOVER* UNTUK *PERFORMANCE BASED DESIGN*
PADA GEDUNG A RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) KERTOSONO**
*(Study of Pushover Analysis for Performance Based Design on Kertosono Regional
Public Hospital Building A)*

Rizky Andhika Kadarusman, Agoes SMD, Ari Wibowo
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia-Telp (0341) 566710, 587711
E-mail: rizky.andhikak@gmail.com

ABSTRAK

Berkurangnya lahan pembangunan yang tersedia di Indonesia menyebabkan meningkatnya jumlah pembangunan gedung bertingkat. Semakin tinggi suatu struktur, semakin rawan struktur tersebut terhadap gaya gempa bumi. Perencanaan bangunan tahan gempa perlu dilakukan untuk meminimalisir pengaruh gaya gempa bumi, salah satu contoh perencanaan bangunan tahan gempa adalah Perencanaan Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*). Salah satu komponen dari *Performance Based Design* dalam menentukan kapasitas suatu struktur adalah Analisis Statik Non-Linier Pushover.

Analisis yang dilakukan ada dua, yaitu Analisis Dinamis Respon Spektrum dan Analisis Statik Non-Linier Pushover. Analisis Dinamis Respon Spektrum menggunakan respon spektrum dari SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. Analisis ini dilakukan untuk menentukan gaya gempa dasar dan simpangan atap struktur. Analisis Statik Non-Linier Pushover menggunakan Prosedur A dan B sesuai ATC 40 dengan respon spektrum sesuai SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. Prosedur A dilakukan secara manual dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel, sedangkan Prosedur B menggunakan aplikasi SAP2000. Analisis ini dilakukan untuk menentukan tingkat layan struktur serta mekanisme keruntuhan struktur.

Hasil dari analisis pada Gedung A Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kertosono berupa gaya gempa dasar, simpangan atap, titik performa, serta tingkat layan struktur. Gaya gempa dasar sesuai SNI 2002 sebesar 1841665,3 kg ke arah X dan 1633055,2 kg ke arah Y, untuk SNI 2012 sebesar 1473344 kg ke arah X dan 1306519 kg ke arah Y. Simpangan atap sesuai SNI 2002 sebesar 0,02669 m ke arah X dan 0,02049 m ke arah Y, untuk SNI 2012 sebesar 0,02135 m ke arah X dan 0,01639 m ke arah Y. Titik performa dari Prosedur A dan B mengalami perbedaan, hal ini terjadi karena perbedaan asumsi parameter oleh penulis pada prosedur A dan asumsi parameter oleh aplikasi SAP2000 pada prosedur B. Serta adanya perbedaan nilai-nilai pada respon spektrum menurut SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012.

Kata kunci: *pushover*, perencanaan berbasis kinerja, SAP2000, titik performa, tingkat layan, respon spektrum.

ABSTRACT

The decreasing of available building area in Indonesia causing the increase of the number of high rise structure building. The taller the structure, the more fragile it is against seismic force. Seismic resistant building planning is required to minimize seismic effect on structure, one of seismic resistant building planning is Performance Based Design. One of the main component of Performance Based Design to determine the capacity of structure is Static Non-Linear Pushover Analysis.

There are two analysis performed, Dynamic Response Spectrum Analysis and Static Non-Linear Pushover Analysis. Dynamic response spectrum analysis is performed using response spectrum based on SNI 1726-2002 and SNI 1726-2012. This analysis is performed to determine base shear and roof displacement of the structure. Static non-linear analysis is performed using Procedure A and B of ATC 40 and using the response spectrum from SNI 1726-2002 and SNI 1726-2012. Procedure A is used manually with the help of Microsoft Excel program, while Procedure B used SAP2000 program. This analysis is performed to determine the performance level and collapse mechanism of the structure.

The result from the analysis on Kertosono Regional Public Hospital Building A are base shear, roof displacement, performance point, and performance level. Base shear from SNI 2002 are 1841665,3 kg on X axis and 1633055,2 kg on Y axis, while from SNI 2012 are 1473344 on X axis and 1306519 on Y axis. The roof displacement from SNI 2002 are 0,02669 m on X axis and 0,02049 m on Y axis, while from SNI 2012 are 0,02135 m on X axis and 0,01639 m on Y axis. There are difference on the performance point from Procedure A and Procedure B, it happens because the writer parameter assumptions on Procedure A are different than the parameter assumption from SAP2000 program on Procedure B. There are also values difference on response spectrum based on SNI 1726-2002 and SNI 1726-2012.

Keyword: *pushover*, *performance based design*, SAP2000, *performance point*, *performance level*, *respon spectrum*.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di antara benua Asia dan Australia, serta antara Samudra Pasifik dan Hindia. Indonesia juga terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar dunia, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia. Karena itu, Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap gempa bumi. Gempa bumi tidak dapat diprediksi dan dapat menimbulkan kerugian. Karena itu perlu dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi jumlah kerugian seperti dengan bangunan tahan gempa.

Dewasa ini, jumlah pembangunan gedung bertingkat semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya lahan yang tersedia dan melonjaknya angka pertumbuhan penduduk di Indonesia. Namun, semakin tinggi suatu struktur, semakin rawan struktur tersebut terhadap gaya gempa bumi. Karena itu perencanaan gedung bertingkat tahan gempa merupakan hal penting yang harus dilakukan di Indonesia.

Dalam penelitian ini, objek kajian yang digunakan adalah Gedung A Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kertosono. Gedung ini memiliki luas kurang lebih 2500 m² dan terdiri dari 4 lantai. Struktur gedung tersebut akan dianalisis responnya terhadap beban gempa dengan bantuan program SAP2000 v.19.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui waktu getar alami struktur
2. Untuk mengetahui besar simpangan pada struktur
3. Untuk mengetahui level kinerja struktur
4. Untuk mengetahui perbandingan antara analisis *pushover* dengan prosedur A dan B dimana masing-masing prosedur menggunakan respon spektrum dari SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012
5. Untuk mengetahui mekanisme keruntuhan struktur

TINJAUAN PUSTAKA

Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan atau hentakan pada kerak bumi. Fenomena tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal, namun salah satu penyebab utamanya adalah gesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Kejutan tersebut merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang tersebut yang menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Berdasarkan penyebabnya, gempa dibagi menjadi 3 jenis (Sri Murni Dewi, 2009), yaitu :

1. Gempa Tektonik
Gempa ini disebabkan oleh letupan atau pelepasan energi regangan akibat gesekan antar lempeng bumi. Magnitude yang dihasilkan gempa bergantung pada besar energi yang dilepaskan. Gempa ini merupakan jenis gempa yang paling luas dan besar pengaruhnya.
2. Gempa Vulkanik
Gempa ini disebabkan oleh aktifitas magma dari gunung berapi. Gempa ini dapat terjadi baik sebelum, saat, maupun sesudah letusan gunung berapi terjadi.
3. Gempa Terban
Gempa ini disebabkan oleh beban longsor atau ledakan yang tidak dapat ditahan atau ditekan oleh permukaan bumi. Gempa ini biasa terjadi di daerah pertambangan dan bersifat lokal.

Konsep Perencanaan Struktur Tahan Gempa

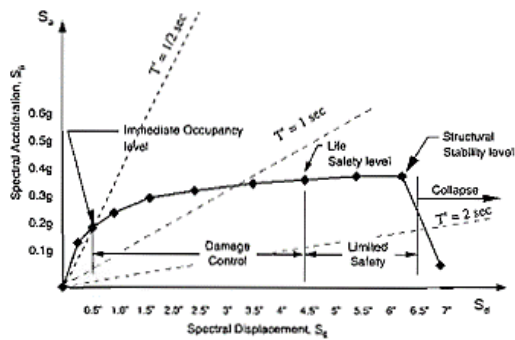
1. Perencanaan Berbasis Kekuatan
Konsep ini diekspresikan dalam suatu metode desain kapasitas struktur, dimana pengendalian pola keruntuhannya dilakukan melalui pemanfaatan sifat daktail dari struktur. Perencanaan berbasis kekuatan bekerja pada daerah elastis struktur, sehingga analisis struktur pada metode ini lebih sering dikenal sebagai analisis linier. Menurut Paulay (1992), ada 3 macam batasan kinerja struktur dalam konsep perencanaan berbasis kekuatan, yaitu :
 - *Serviceability Limit State*
 - *Damage Control Limit State*
 - *Survival Limit State*
2. Perencanaan Berbasis Kinerja
Perencanaan berbasis kinerja menetapkan berbagai level kinerja struktur, dimana level kinerja tersebut dapat direncanakan pada tahap awal perencanaan. Kondisi ini merupakan kesepakatan antara pemilik bangunan (*owner*) dan perencana. Tujuan dari konsep ini adalah menciptakan struktur bangunan tahan gempa dengan level kinerja yang dapat diperkirakan.

FEMA 356 menjelaskan kinerja objek gempa yang dibagi ke dalam enam level kinerja pada elemen struktural, yaitu :

- SP-1 *Immediate Occupancy*
- SP-2 *Damage Control*
- SP-3 *Life Safety*
- SP-4 *Limited Safety*
- SP-5 *Collapse Prevention*
- SP-6 *Not Considered*

Dan lima level kinerja untuk elemen non-struktural :

- NP-A, *Operational*
- NP-B, *Immediate Occupancy*
- NP-C, *Life Safety*
- NP-D, *Hazard Reduced*
- NP-E, *Not Considered*

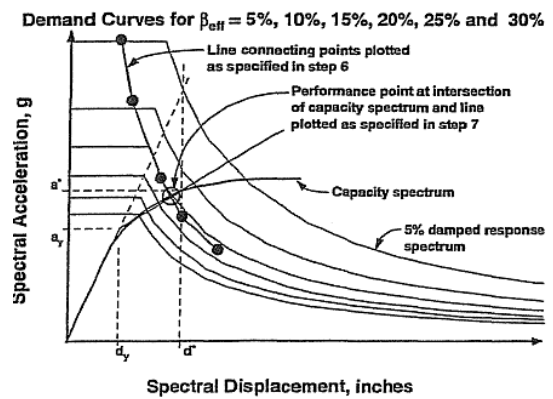


Gambar 1. Spektrum kapasitas untuk penentuan level kinerja

Analisis Pushover

Analisis statik non-linier *pushover* merupakan salah satu analisis yang termasuk ke dalam konsep perencanaan berbasis kinerja. Analisis ini bertujuan untuk mencari kapasitas suatu struktur. Analisis ini dilakukan dengan memberikan pembebanan statik arah lateral yang nilainya ditingkatkan secara bertahap dan proporsional hingga mencapai nilai simpangan yang diinginkan atau mencapai keruntuhan.

Hasil akhirnya adalah gaya geser dasar (*base shear*) dan simpangan (*displacement*) dari struktur tersebut. Nilai-nilai tersebut digambarkan dalam kurva kapasitas yang menjadi gambaran perilaku struktur. Analisis ini dapat dilakukan untuk menentukan level kinerja struktur berdasarkan titik performa yang didapat dari perpotongan antara kurva *spectrum capacity* dan *reduce demand*. Selain itu, analisis *pushover* dapat menampilkan elemen-elemen struktur mana saja yang mengalami kegagalan.



Gambar 2. Titik performa

Untuk menentukan *demand* berdasarkan ATC 40 ada dua metode, yaitu *capacity spectrum method* dan *displacement coefficient method*. Pada *capacity spectrum method* terdapat 3 prosedur, yaitu A, B, dan C. Prosedur yang akan digunakan adalah A dan B.

1. Prosedur A

Prosedur A digunakan oleh pemula karena paling mudah digunakan dan paling mudah dipahami. Pada prosedur ini, dilakukan prosedur *trial and error* untuk penentuan luasan damping pada perpotongan antara kurva *spectrum capacity* dan *reduce demand*.

2. Prosedur B

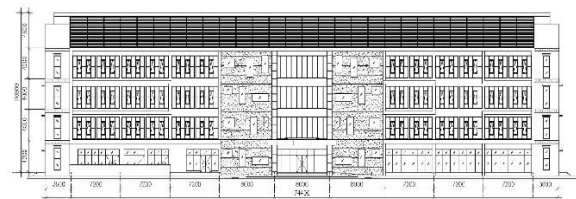
Pada prosedur ini dilakukan penyederhanaan bilinear pada kurva kapasitas sehingga cara ini menggunakan iterasi yang lebih sedikit.

METODE PENELITIAN

Data Perencanaan

Analisis ini dilakukan pada Gedung A Rumah Sakit Umum Daerah Kertosono yang berlokasi di Kabupaten Nganjuk. Gedung ini terdiri dari 4 lantai, memiliki luas gedung $\pm 2570 \text{ m}^2$ dan tinggi gedung $\pm 20,8 \text{ m}$ (termasuk atap).

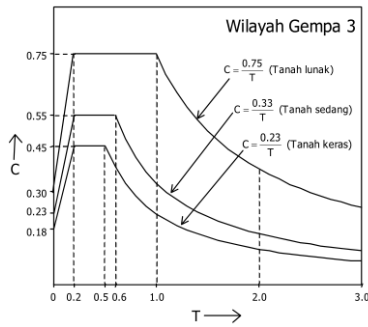
Faktor keutamaan dari gedung rumah sakit menurut SNI 1726-2002 adalah 1, sedangkan berdasarkan SNI 1726-2012 faktor keutamaannya adalah 1,5.



Gambar 3. Tampak depan gedung

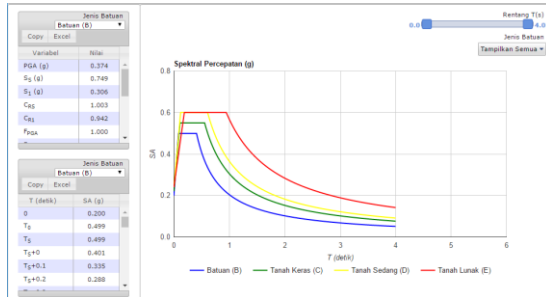
Analisis Dinamis Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2002, untuk menentukan desain respon spektrum, dapat dilihat berdasarkan wilayah gempanya.



Gambar 4. Respon spektrum gempa rencana wilayah 3

Menurut SNI 1726-2012, respon spektrum gempa rencana dibuat menggunakan parameter-parameter yang akan direncanakan atau sudah diketahui sebelumnya. Untuk mempermudah perencanaan respon spektrum gempa rencana, Kementerian Pekerjaan Umum sudah menyediakan aplikasi untuk melihat grafik respon spektrum sesuai nama daerah yang ingin ditinjau.



Gambar 5. Hasil desain respon spektrum dari aplikasi zona gempa

Analisis Struktur dengan Software SAP2000

Analisis dan pemodelan struktur dilakukan secara 3 dimensi pada aplikasi SAP2000. Spesifikasi dan dimensi dari elemen struktur seperti balok dan kolom menggunakan spesifikasi asli dari struktur. Perletakan struktur menggunakan asumsi tumpuan jepit. Mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 1
Mutu Bahan Struktur

Bahan	Mutu
Beton	K-350 ($f^c = 29,05 \text{ MPa}$)
Tulangan ulir	U-39 ($f_y = 390 \text{ MPa}$)
Tulangan polos	U-24 ($f_y = 240 \text{ MPa}$)

Pembebanan pada analisis ini mengacu kepada PPIUG 1983. Dimana pada peraturan tersebut ditetapkan beban-beban sebagai berikut :

- Penggantung langit-langit = 7 kg/m^2
- Plafon = 11 kg/m^2
- Spesi = 63 kg/m^2
- Keramik = 24 kg/m^2
- Beban lantai atap = 100 kg/m^2
- Beban hidup = 250 kg/m^2

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1726-2012 seperti berikut :

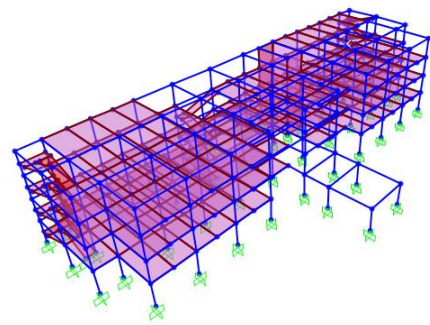
Tabel 2

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan	
a.	1,4D
b.	1,2D + 1,6L + 0,5(L _r atau S atau R)
c.	1,2D + 1,6(L _r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
d.	1,2D + 1,0W + L + 0,5(L _r atau S atau R)
e.	1,2D + 1,0E + L + 0,2S
f.	0,9D + 1,0W
g.	0,9D + 1,0E

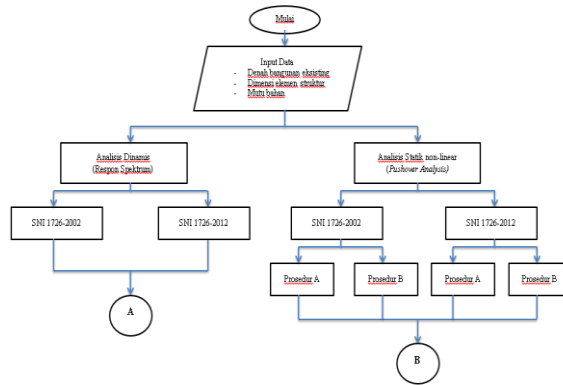
Langkah-langkah pemodelan struktur pada SAP2000 v.19 adalah sebagai berikut:

1. *Modeling Grid*
2. *Define* mutu bahan
3. Input dimensi penampang
4. *Define* beban dan kombinasi pembebanan
5. Input pembebanan
6. Analisis Struktur

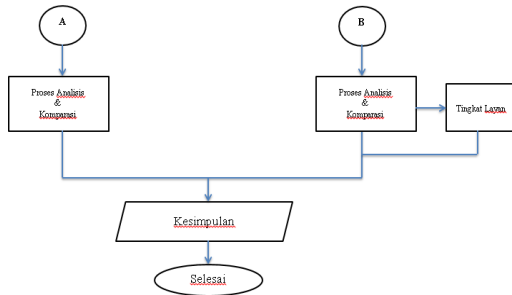


Gambar 6. Model struktur

Diagram Alir Analisis



Gambar 7. Diagram alir analisis



Gambar 8. Diagram alir analisis (lanjutan)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

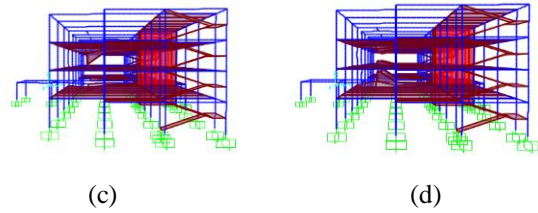
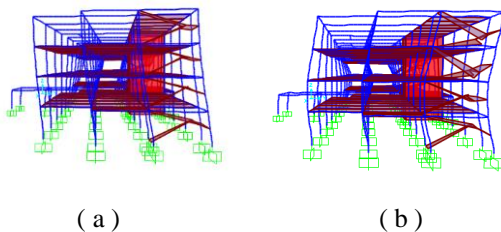
Perhitungan Berat Struktur Tiap Lantai

Tabel 3

Berat Struktur Tiap Lantai

Lantai	Elevasi (m)	Berat (Kg)
Atap	+20.8	469608
4	+16.2	1450093,92
3	+12.2	1450093,92
2	+8.2	1470348
1	+4.2	1502374,6
Berat Total		6342518,44

Mode Shape Struktur



Gambar 9. (a) Mode shape 1 (b) Mode Shape 4 (c) Mode Shape 7 (d) Mode Shape 10

Rasio Partisipasi Massa

Tabel 4

Rasio Partisipasi Massa Struktur

Step	UX	UY	Step	UX	UY
1	0.061	0.121	18	0.957	0.827
2	0.8	0.151	19	0.957	0.828
3	0.806	0.797	20	0.957	0.828
4	0.811	0.814	21	0.957	0.828
5	0.819	0.815	22	0.957	0.829
6	0.819	0.815	23	0.958	0.859
7	0.819	0.815	24	0.959	0.878
8	0.819	0.815	25	0.959	0.879
9	0.819	0.815	26	0.959	0.883
10	0.819	0.815	27	0.96	0.883
11	0.819	0.815	28	0.96	0.884
12	0.82	0.815	29	0.96	0.885
13	0.9	0.815	30	0.96	0.886
14	0.957	0.825	31	0.96	0.886
15	0.957	0.825	32	0.96	0.886
16	0.957	0.825	33	0.96	0.915
17	0.957	0.825			

Pada tabel di atas terlihat bahwa rasio partisipasi massa struktur mencapai 90% pada mode shape 13 untuk sumbu X dan mode shape 33 untuk sumbu Y. Hal ini menunjukkan bahwa struktur merupakan struktur tak beraturan.

Waktu Getar dan Frekuensi Struktur

Berdasarkan arah mode shape struktur, diketahui bahwa mode shape 1 terjadi translasi terhadap sumbu Y, pada mode shape 2 terjadi translasi terhadap sumbu X, dan pada mode shape 3 terjadi rotasi terhadap sumbu Z. Dari aplikasi SAP2000, didapatkan nilai $T_y = 0,329$ detik dan $T_x = 0,495$ detik.

Untuk menentukan waktu getar alami struktur, perlu dilakukan perhitungan pendekatan waktu getar

fundamental (T_a) sesuai SNI 1726-2012 seperti berikut :

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

T_a = Waktu getar fundamental

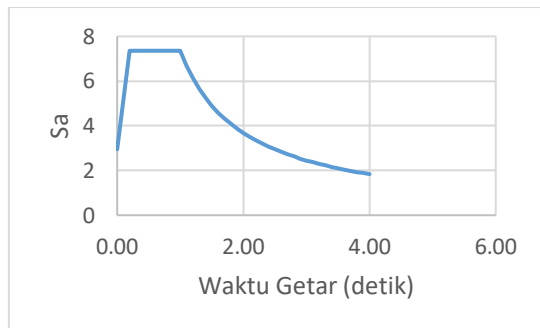
h_n = Ketinggian struktur (m)

x dan C_t ditentukan sesuai SNI 1726-2012

Karena nilai T_x dan T_y masih memenuhi syarat, maka kedua nilai tersebut dapat ditetapkan sebagai nilai waktu getar alami struktur.

Analisis Dinamis Respon Spektrum

Analisis ini menggunakan dua respon spektrum yaitu berdasarkan SNI 1726-2002 dan berdasarkan SNI 1726-2012.



Gambar 10. Respon spektrum SNI 2002



Gambar 11. Respon spektrum SNI 2012

Tabel 5
Gaya Gempa Dasar Struktur

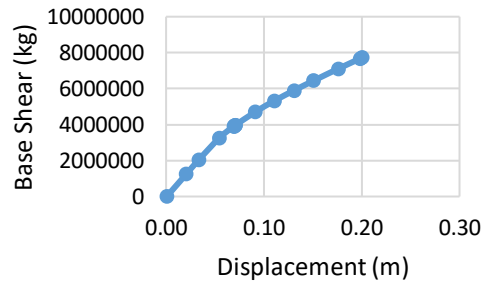
	Gaya Gempa Dasar	
	Arah X (kg)	Arah Y (kg)
SNI 2002	1841665,3	1633055,2
SNI 2012	1473344	1306519

Tabel 6
Simpangan Atap Struktur

	Simpangan Atap	
	Arah X (m)	Arah Y (m)
SNI 2002	0,02669	0,02049
SNI 2012	0,02135	0,01639

Analisis Statik Non-Linier Pushover

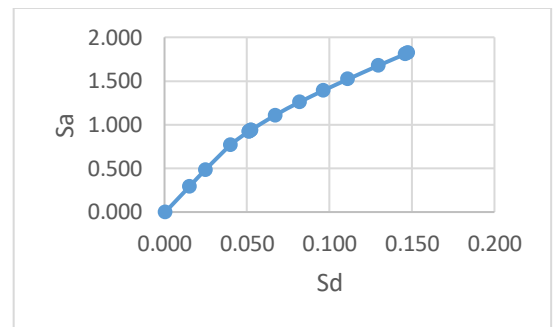
Analisis ini dilakukan dengan melakukan perpotongan antara kurva *spectrum capacity* dan *reduce demand*. Sebelum itu perlu ditentukan terlebih dahulu kurva kapasitas dan *demand* dari struktur yang kemudian keduanya dikonversikan ke dalam format ADRS (*Acceleration-Displacement Response Spectral*).



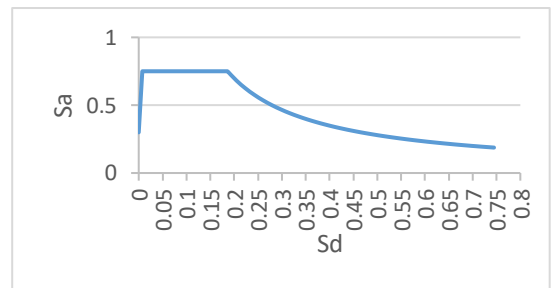
Gambar 12. Kurva kapasitas struktur

1. Prosedur A

a. SNI 1726-2002

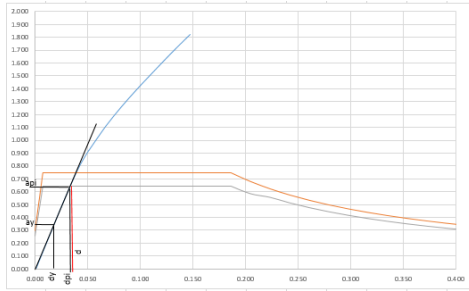


Gambar 13. Kurva *spectrum capacity* SNI 2002



Gambar 14. Kurva *spectrum demand* SNI 2002

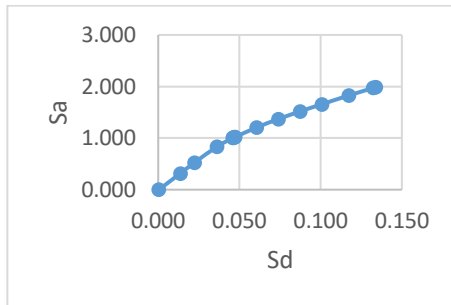
Untuk melakukan pencarian titik performa, perlu dilakukan *trial and error* pada koordinat garis *trial* pertama (d_{pi} , a_{pi}) yang berpotongan dengan *initial stiffness* (a_y , d_y).



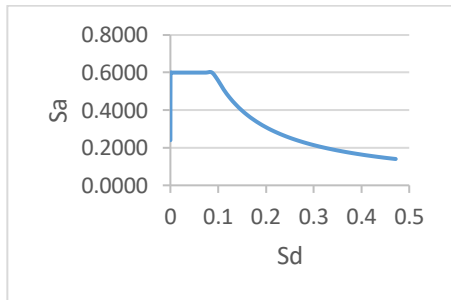
Gambar 15. Prosedur A SNI 2002

Dari gambar di atas didapatkan nilai $d = 0,0367$. Nilai tersebut harus memenuhi syarat $0,95 \text{ dpi} < d < 1,05 \text{ dpi}$. Karena nilai d memenuhi syarat di atas, maka koordinat garis *trial* pertama (a_{pi} , d_{pi}) dapat ditetapkan sebagai koordinat titik performa yaitu $S_a;S_d (0,65;0,035)$

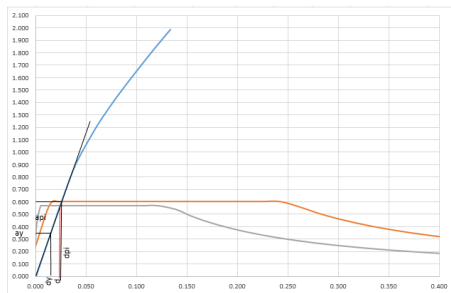
b. SNI 1726-2012



Gambar 16. Kurva *spectrum capacity* SNI 2012



Gambar 17. Kurva *spectrum demand* SNI 2012



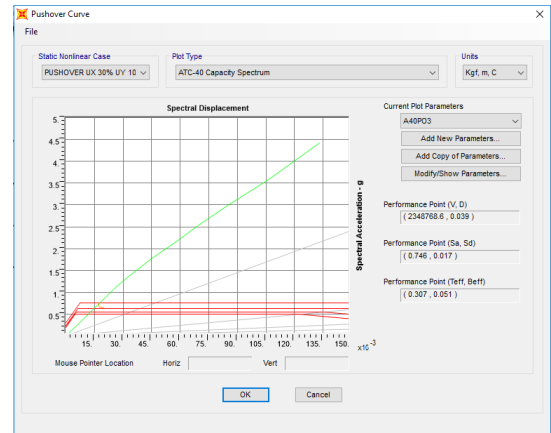
Gambar 18. Prosedur A SNI 2012

Dari prosedur *trial and error* didapatkan koordinat $S_a;S_d (0,6;0,0267)$.

2. Prosedur B

Prosedur B merupakan prosedur yang seluruh prosesnya menggunakan program SAP2000.

a. SNI 1726-2002



Gambar 19. Prosedur B SNI 2002

Dari hasil analisis pada aplikasi SAP2000 didapat nilai-nilai berikut :

- $S_a ; S_d = 0,746 ; 0,017$
- Base Shear (V) = 2348768,6 kg
- Displacement (D) = 0,039 m

Untuk menentukan level kinerja struktur perlu dilakukan Perhitungan maksimum total *drift*, yaitu dengan membagi nilai simpangan pada struktur dengan total tinggi struktur.

Tabel 7

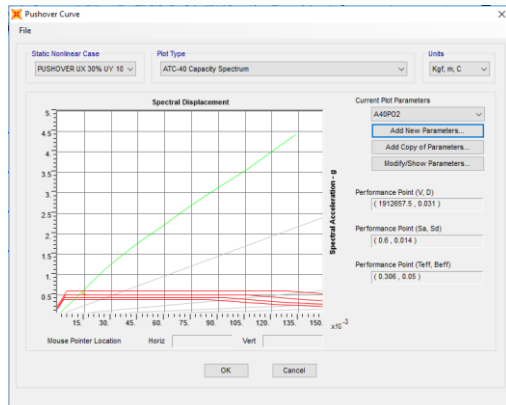
Batasan Rasio Simpangan pada ATC 40

Parameter	Performance Level			
	IO	DC	LS	SS
Maksimum total drift	0.01	0.01 s.d 0.02	0.02	0.33
Maksimum total inelastik drift	0.0005	0.005 s.d 0.015	No limit	No Limit

$$\text{Karena nilai maksimum drift} = \frac{D}{H} = \frac{0.039 \text{ m}}{20,8 \text{ m}} =$$

$0.001875 \leq 0.01$, maka struktur termasuk ke dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (IO)

b. SNI 1726-2012



Gambar 20. Prosedur B SNI 2012

Dari hasil analisis pada SAP2000, didapatkan nilai – nilai berikut :

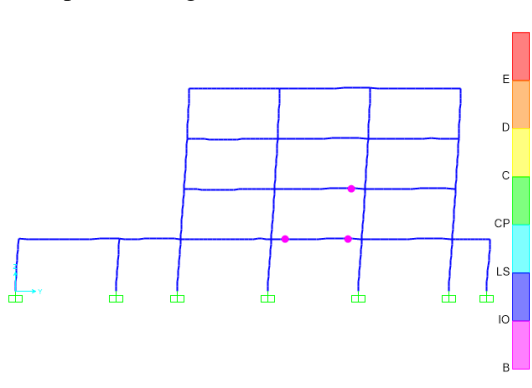
$S_a ; S_d = 0,6 ; 0,014$
 Base Shear (V) = 1912657,5 kg
 Displacement (D) = 0,031 m

$$\text{Maksimum drift} = \frac{D}{H} = \frac{0.031 \text{ m}}{20,8 \text{ m}} = 0.0015 \leq 0.01$$

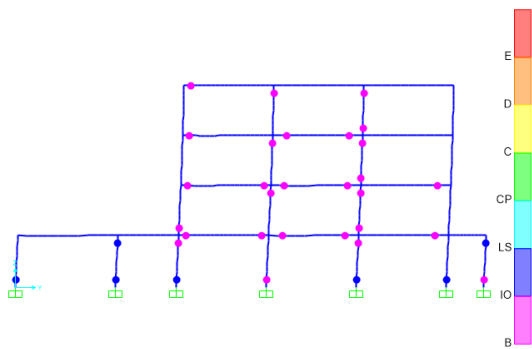
Maka struktur termasuk ke dalam level kinerja IO.

Mekanisme Keruntuhan Struktur

Dari hasil analisis pada SAP2000, didapatkan data sendi plastis sebagai berikut :



Gambar 21. Portal sumbu Y pada step 3



Gambar 22. Portal sumbu Y pada step 20

Pada step 3, sendi plastis pertama kali terjadi pada elemen balok. Pada step terakhir yaitu step 20, sendi plastis muncul pada kolom lantai 1 bagian atas hingga kolom lantai 4, karena itu mekanisme keruntuhan struktur tersebut adalah *column sway mechanism*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada analisis yang telah dilaksanakan, adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Waktu getar alami struktur terhadap sumbu X dan Y yang didapat menggunakan program SAP2000 adalah $T_x = 0,495$ detik dan $T_y = 0,329$ detik. Kedua nilai tersebut sudah memenuhi syarat penentuan waktu getar struktur sesuai SNI 1726-2012.
2. Simpangan lateral yang terjadi pada struktur saat dibebani beban gempa dinamik sesuai SNI 1726-2002 adalah sebesar 0,02669 m terhadap sumbu X dan 0,02049 m terhadap sumbu Y. Sedangkan saat struktur dibebani beban gempa dinamik sesuai SNI 1726-2012 simpangan lateral yang terjadi sebesar 0,021351 m terhadap sumbu X dan 0,01639 m terhadap sumbu Y.
3. Level kinerja struktur menggunakan prosedur A dan B masih termasuk ke dalam SP-1 *Immediate Occupancy* (IO) baik berdasarkan SNI 1726-2002 maupun SNI 1726-2012.
4. Titik performa struktur dengan prosedur A didapatkan pada koordinat $S_a; S_d$ di titik (0,65 ; 0,035) jika menggunakan respon spektrum SNI 1726-2002. Sedangkan jika menggunakan respon spektrum SNI 1726-2012, titik performa struktur berada pada koordinat (0,6 ; 0,0267). Untuk Prosedur B didapat titik performa pada koordinat (0,746 ; 0,017) dengan SNI 1726-2002, sedangkan untuk SNI 1726-2012 didapat koordinat (0,6 ; 0,014). Hal ini menunjukkan bahwa prosedur A dan B memiliki hasil yang berbeda dikarenakan asumsi penulis yang berbeda dengan program SAP2000.
5. Mekanisme keruntuhan dari struktur merupakan keruntuhan *column sway mechanism* dimana elemen struktur yang mengalami keruntuhan akibat leleh adalah kolom.

SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan oleh peneliti dalam penelitian ini agar menjadi penelitian yang lebih baik lagi untuk selanjutnya adalah :

1. Perlunya pemahaman mendetail tentang konsep analisis untuk *performance based design*.
2. Perlunya pembelajaran dan pemahaman lebih lanjut dalam penggunaan aplikasi SAP2000 untuk analisis struktur.

3. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dimensi elemen struktur, penulangan elemen struktur serta mutu bahan dalam analisis untuk *performance based design*.
4. Perlunya data-data yang lebih detail agar hasil yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineer (2000). *FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Virginia : ASCE.
- Applied Technology Council (1996). *ATC-40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume I*. California : California Seismic Safety Commission.
- Badan Standarisasi Nasional (2002). *SNI 1726:2002 Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2012). *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2014). *SNI 2052:2014 Baja Tulangan Beton*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002). *SNI-2487-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Dewi, Sri Murni (2009). *Teknik Gempa untuk Teknik Sipil*. Malang : Bargie Media Press.
- Febriana, A. (2016). *Analisis Pushover untuk Performance Based Design (Studi Kasus Gedung B Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya)*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Imran, Iswandi, dan Fajar Hendrik (2013). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Paulay, Thomas, dan M.J.N. Prestley (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.

