

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN METODA PUSHOVER (STUDI KASUS : BANGUNAN “ARLINGTON TOWER BEKASI”)

AGUS, RAHMAD MARDIAQSHA

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang-Indonesia
mscagus@yahoo.co.id

Abstract: *Buildings with irregular floor plans seem to be more susceptible to deformation and damage when subjected to earthquake movements compared to regular floor plans because of the eccentricity of the forces with respect to the center of mass of the building. This study aims to determine the seismic performance of buildings with irregular floor plans, in the form of displacement and drift between levels, according to the performance of the service limit and the performance of the ultimate limit. The object of research is the Arlington Bekasi Tower building. The evaluation method used is non-linear static analysis (Pushover analysis) which is one method to evaluate the seismic performance of buildings. Pushover analysis is done by providing a static load in the lateral direction which is increased gradually (increment) until it reaches a certain displacement target. This research is guided by SNI-1726-2012, ATC-40 and FEMA 356. The results of the analysis show that the maximum lateral force of 59433,375 KN occurs in step-10 pushover analysis with a displacement of 0.256 m, maximum drift = 0.003647 m. This means that the building is included in the IO (Immediate Occupancy) performance level. Even though there is damage ranging from small to moderate levels, it still has a large enough threshold for collapse, which means the building is safe against earthquakes.*

Keywords: *Seismic Performance, Reinforced Concrete Building, Pushover Analysis.*

Abstrak: Bangunan dengan bentuk denah tak beraturan tampaknya lebih rentan terhadap deformasi dan kerusakan ketika dikenai pergerakan gempa bumi dibandingkan dengan bentuk denah beraturan karena adanya eksentrisitas gaya terhadap pusat massa bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja seismik bangunan dengan bentuk denah tak beraturan, berupa perpindahan (displacement) dan simpangan antar tingkat (drift), sesuai dengan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Objek penelitian adalah bangunan Tower Arlington Bekasi. Metode evaluasi yang digunakan adalah analisis statis non-linear (*Pushover analysis*) yang merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi kinerja seismik gedung. Analisis *Pushover* dilakukan dengan memberikan beban statis dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap (*increment*) hingga mencapai target perubahan bentuk (*displacement*) tertentu. Penelitian ini berpedoman pada SNI-1726-2012, ATC-40 dan FEMA 356. Hasil analisis menunjukkan gaya lateral maksimal sebesar 59433,375 KN terjadi pada step-10 *pushover analysis* dengan *displacement* (perpindahan) sebesar 0,256 m, *maximum drift* = 0.003647 m. Hal ini berarti gedung termasuk dalam level kinerja IO (*Immediate Occupancy*). Meskipun terjadi kerusakan mulai dari kecil sampai dengan tingkat sedang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan, yang berarti bangunan aman terhadap gempa

Kata Kunci: Kinerja Seismik, Bangunan Beton Bertulang, Analisis Pushover.

A. Pendahuluan

Bencana gempa bumi pada dasarnya terjadi karena kerusakan bangunan bukan karena bumi bergetar. Berdasarkan pengalaman gempa besar yang terjadi di Sumatera Barat - Indonesia pada 30 September 2009, banyak menyebabkan keruntuhan struktur gedung. Keruntuhan gedung beton bertulang umumnya disebabkan kegagalan pada struktur kolom (Maidiawati and Sanada, Y., 2008). Selain itu, bentuk denah yang tidak beraturan memiliki efek yang sangat besar pada perpindahan gedung tersebut. Ahmed Abdelraheem Farghaly (2010), yang melakukan penelitian tentang Pengaruh Bentuk denah lantai yang tidak beraturan terhadap respon seismik bangunan, menunjukkan bahwa gaya geser dasar yang diinduksi dalam arah tegak lurus berkisar antara 40% dan 80% dari gaya geser dasar pada arah gerak

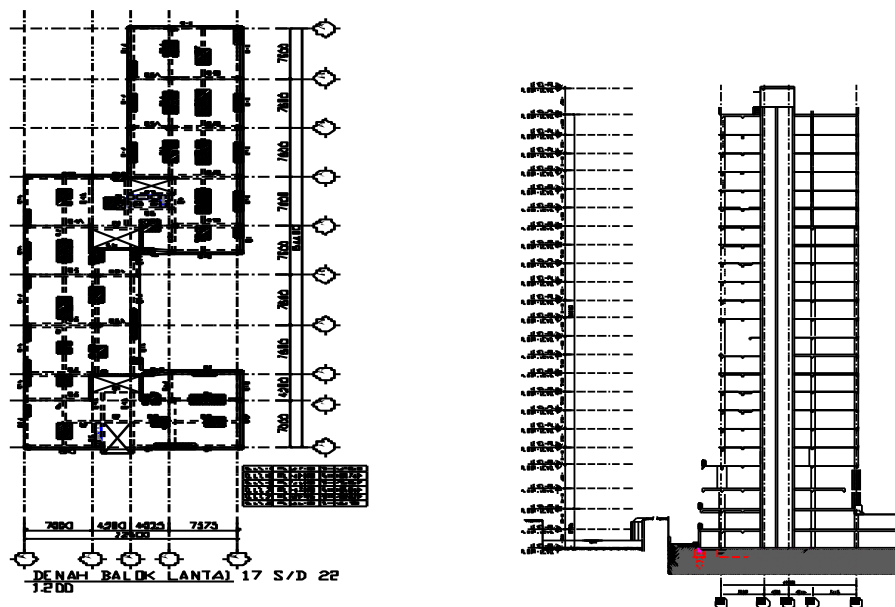
gempa. Selain itu, pemindahan atas untuk model T dan L meningkat hingga 1,9 kali pemindahan atas dalam model-I. Hal tersebut juga terkonfirmasi pada penelitian Agus (2018).

Untuk menyelidiki kerentanan bangunan yang ada akibat gempa, analisis statis nonlinier pushover dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan nyata dari bangunan yang ada. Penelitian Sameh A. El-Betar (2017) ditemukan bahwa kerentanan bangunan yang ada terjadi pada percepatan tanah rencana (ag) lebih besar dari 0,125 g di peta seismik Mesir, sementara gedung yang dirancang dengan EC-94 berperilaku elastically hingga (ag) sama dengan 0,2 g dan jika melebihi maka kerusakan ringan dapat terjadi. Pada bagian lain, studi pengaruh karakteristik lantai pada kinerja seismik dari Soft Storey RC Frames dengan Analisis Pushover oleh B. Shiva Kumaraswami (2015) menunjukkan bahwa daktilitas struktur berkurang ketika struktur tidak beraturan dan lebih tinggi, demikian pula dengan tahap keruntuhan struktur. Evaluasi kinerja seismik struktur bangunan Bethesda Hospital Yogyakarta oleh Edi Purwanto (2016) telah membuktikan bahwa dalam desain berbasis kinerja, tingkat kinerja untuk bangunan rumah sakit adalah Immediate Occupancy (IO) terpenuhi secara aktual dengan analisis pushover.

Penelitian berikut ini bertujuan untuk mengetahui kinerja seismik bangunan gedung, berupa perpindahan (displacement) dan simpangan antar tingkat (drift), sesuai dengan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit. Objek penelitian adalah Gedung Tower Arlington Bekasi-Indonesia adalah sebuah gedung beton bertulang duapuluh dua lantai dengan bentuk arsitektur yang khas. Dibangun di daerah resiko gempa kuat, evaluasi kinerja seismik bangunan gedung ini menjadi menarik dan penting. Analisis statik non linier (*Pushover analysis*) dipakai sebagai salah satu metode untuk mengevaluasi kinerja seismik gedung.

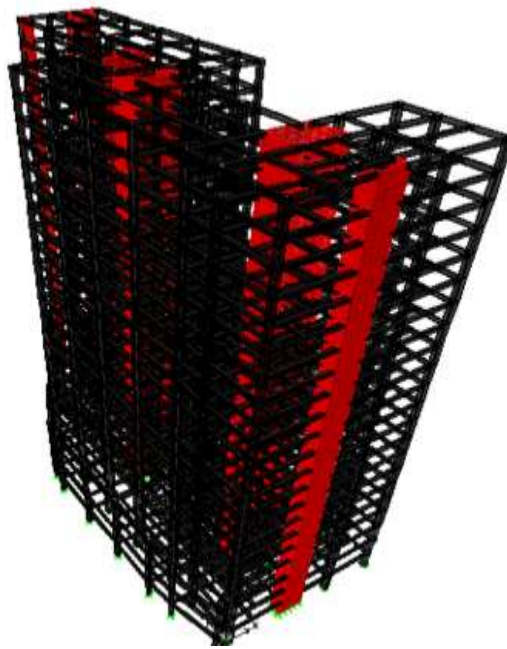
B. Metodologi Penelitian

Objek dari penelitian ini yaitu struktur Gedung Tower Arlington yang memiliki duapuluh dua lantai. Berikut klasifikasi tanah dan denah struktur Gedung Tower Arlington Bekasi. Tinggi total bangunan 70,2 m, panjang gedung 64.400 m, lebar gedung 22.600 m, kuat tekan beton 29 MPa dan kuat tarik baja tulangan 400 MPa.



Gambar 1. Denah bangunan Gambar 2. Potongan A-A

Pemodelan struktur dibuat menggunakan program ETABS 9.7.1 dengan mengacu pada gambar rencana, agar pemodelan yang dibuat sesuai dengan keadaan di lapangan. Pemodelan dibuat dalam bentuk gambar 3 dimensi sehingga hasil pemodelan dapat dilihat lebih jelas.

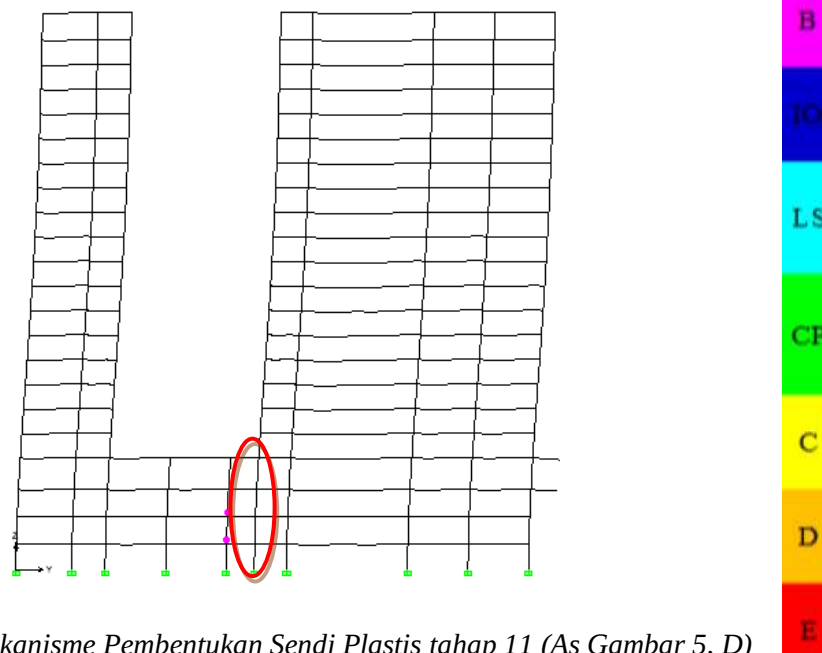


Gambar 3.*Pemodelan Struktur 3D*

Analisis pembebanan pada gedung Tower Arlington di Bekasi, meliputi beban mati (DL), beban mati tambahan (SDL), beban hidup (LL), beban lateral gempa (EL). Ada beberapa pembebanan lateral yang diberikan untuk analisis *pushover*. Masing masing pembebanan didefinisikan sebagai *load case* yang berbeda dan akan diawali oleh pembebanan gravitasi yang besarnya disesuaikan dengan massa bangunan (saat gempa). Seperti yang didefinisikan sebelumnya, massa bangunan meliputi 30% beban hidup, 100% beban mati, dan 100% beban mati tambahan. Nilai respon spektrum sesuai dengan peraturan terbaru yakni SNI 1726-2012.

B. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis *pushover* menunjukkan bahwa mulai terbentuknya sendi plastis pada pembebanan tahap 11, dimana terdapat 3 titik sendi plastis untuk arah memanjang (arah Y) dengan titik struktur balok yang telah berada pada batas *Immediate Occupancy (IO)*, sementara itu untuk arah melintang (arah X) tidak ada terbentuknya sendi plastis. Jadi nilai *displacement* untuk arah memanjang (arah Y) sebesar 1,1286 m dan gaya geser sebesar 37047,0859 KN. Ini berarti bahwa telah terjadi batas linier yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.

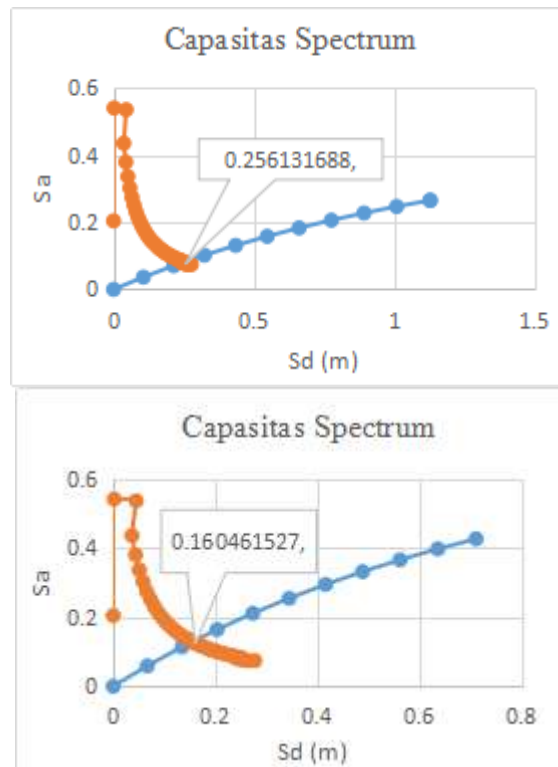


Gambar 4. Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis tahap 11 (As Gambar 5, D)



Gambar 5. Portal As 5, E Distribusi Sendi Plastis Tahap 11

Hasil dari analisa *pushover* berupa kurva kapasitas menampilkan perbandingan gaya geser terhadap perpindahan yang terjadi. Berikut hasil *output* kurva kapasitas ATC-40, dan FEMA 356.



Gambar 6. Atc-40 Curve Demand Capacity (Arah Y) **Gambar 7.** Atc-40 Curve Demand Capacity (Arah X)

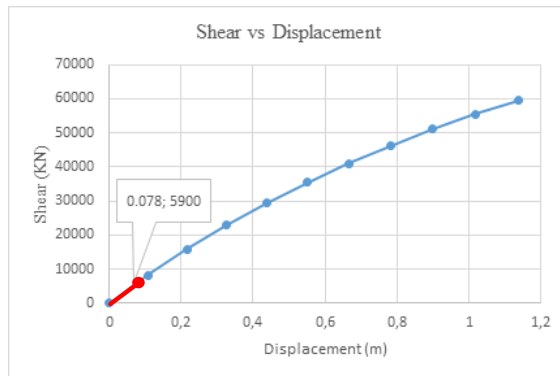
Hasil output untuk kurva kapasitas ATC-40 Capacity Spectrum (gambar 6 dan gambar 7) menampilkan perbandingan Spectra Acceleration terhadap Spectra Displacement. Titik *performance point* terdapat pada perpotongan garis kurva kapasitas (biru) dengan garis spectrum spectrum model ADRS (orange). Dari gambar 6 dan gambar 7 didapat nilai *performance point* untuk masing-masing arah dengan perpindahan sebesar 0.256, 0.1240 m. Kinerja bangunan berdasarkan target perpindahan Metode Koefisien ATC-40 adalah :

- Maximum Drift Arah Y= D_t / H_{tot}
 $= 0.256 / 70,2 \text{ m}$
 $= 0.00364 \text{ m} = 3,64 \text{ cm}$
- Maximum Drift Arah X= D_t / H_{tot}
 $= 0.124 / 70,2 \text{ m}$
 $= 0.00176 \text{ m} = 1,76 \text{ cm}$

Tabel 1. Tingkat Kinerja Bangunan

Parameter	Tingkat Kinerja			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Struktur Stability
Maksimum Total Drift	0.01	0.01 s.d 0.02	0.02	0.33 h
Maksimum Total In-elastic Drift	0.005	0.05 s.d 0.015	No limit	No limit

Maka berdasarkan tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa struktur memiliki level kinerja Immediate Occupancy(IO) karena nilai Maximum Drift Arah Y = 0.00364 m < Maksimum total drift = 0,01 m dan Maximum Drift Arah X = 0.00176 m < Maksimum total drift = 0,01 m



Gambar 8. *Curve kapasitas FEMA 356 (Arah X)* **Gambar 7.** *Curve Capacity FEMA 356 (Arah Y)*

Untuk kurva kapasitas *FEMA 356 Coefficient Method* hanya menampilkan perbandingan antara displacement dengan gaya geser. Titik performance point terdapat pada perpotongan antar garis kurva kapasitas (biru) dengan garis kurva bilinear (merah) dengan arah masing-masing yaitu sebesar 5900 kN dan 3900 kN dengan perpindahan sebesar 0,078 m dan 0,079 m

Pada SNI 1726 – 2012, memberikan batasan simpangan antara lantai tingkat (Δ), yaitu tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ($\Delta < 0,02 \times h_{sx}$) dimana (h_{sx}) adalah tinggi tingkat antar lantai bangunan, yaitu 4,1 m = 0,068 m. Jika dibandingkan dengan displacement maksimum yang terjadi ($=0,00364$ m) masih dalam ambang batas yang ditentukan oleh SNI 1726 – 2012.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisa *pushover* menggunakan metode ATC-40, FEMA 356 didapat level kinerja bangunan berada pada *Immediate Occupancy (IO)* yang berarti bangunan aman terhadap gempa.

D. Penutup

Setelah menganalisis dan mengevaluasi struktur Gedung Tower Arlington di Bekasi - Indonesia, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Terjadi pada step-11 *pushover analysis* gaya lateral maksimal sebesar 37047,0859 kN dengan displacement (perpindahan) sebesar 0,256 m, *maximum drift* = 0.00364 m yang berada pada arah memanjang (arah Y). Level kinerja gedung termasuk kategori IO (*Immediate Occupancy*), yang mana meskipun terjadi kerusakan mulai dari kecil sampai dengan tingkat sedang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan, yang berarti bangunan aman terhadap gempa. Terbentuknya sendi plastis diawali dari elemen balok, hal ini menunjukkan bahwa konsep desain *strong Coulum Weak Beam* telah dipenuhi dalam perencanaan gedung ini karena balok runtuh terlebih dahulu.

Daftar Pustaka

- Agus . 2018. *Seismic Performance of Existing R/C Building with Irregular Floor Plan Shape*. MATEC Web Conferences 215, 01035 (2018).
- Ahmed Abdelraheem Farghaly. 2010. *Influence of Structural Irregularity in Plan Floor Shape on Seismic Response of Buildings*. Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 38, No. 4, pp. 911-928.
- Applied Technical Council (ATC 40 : 1996), *Seismic Evaluation and retrofit of Concrete Building*. California Seismic Safety Commission, Redwood City, California.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung- SNI 03-1726-2012* , Bandung : Kementerian Pekerjaan Umum.
- B. Shiva Kumaraswami .2015. *Study on Indfluence of Floor Characteristics on the Seismic Performance of Soft Storey RC Frames from Pushover Analysis*. International Journal of Engeneering Research and Technology (IJERT), Vol. 4, Issue 05, pp. 616 – 622.

- Edi Purwanto .2016. *Structural Performance Evaluation with Pushover Analysis Case Study: The Integrated Central Surgery Building, Bethesda Hospital in Yogyakarta*. Applied Mechanics and Materials , Vol 845, pp. 265-273
- Federal Emergency Management Agency (FEMA 365 : 2000), *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*, Washington D.C.
- Constantinos Repapis, Elizabeth Vintzileou and Christoszeris. 2006. *Evaluation of Seismic Performance of Existing RC Buildings : I. Suggested Methodology*, Journal of Earthquake Engeneering, Vol. 10, Issue 2.
- Maidiawati and Sanada, Y., 2008. Investigation and Analysis of Buildings Damaged during the September 2007 Sumatra, Indonesia Earthquakes, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 7, No. 2, pp.371-378.
- Sameh A. El-Betar .2017. Seismic Performance of existing R.C. Framed Buildings. *HBRC Journal*. Vol. 13. Pp. 171 - 180