Evaluasi Struktur Gedung Hotel Swiss-Belhotel Darmo Surabaya Menggunakan Analisis Pushover Berdasarkan SNI 1726-2019

Heri Istiono, Yanisfa Septiarsilia*, Dita Kamarul Fitriyah, Indra Komara, Felicia Tria Nuciferani
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Email: *yanisfa.septi@itats.ac.id.

DOI: https://doi.org/10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553
Received 30 May 2023; Received in revised 25 July 2023; Accepted 27 July 2023; Available online 28 July 2023
Copyright: ©2023 Heri Istiono, Yanisfa Septiarsilia, Dita Kamarul Fitriyah, Indra Komara, Felicia Tria Nuciferani
License URL: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0

Abstract

Earthquake-resistant buildings are mandatory in Indonesia because of its high level of earthquake vulnerability. For this reason, the Swiss-Belhotel Darmo, Surabaya as a reference for evaluation, the researcher employed SNI 1726-2019 regarding the procedures to plan earthquake resistance for building and non-building structures. This regulation is widely used currently for planning the structure of buildings to substitute SNI 1726-2012 buildings. Pushover analysis is implemented to evaluate the structure to get the curves of pushover capacity, performance level, and displacement target based on FEMA 356 as well as the ductility occurring in the building structure. The evaluation results demonstrated that the mass participation in the 7th capital, the base shears of ɲx and ɲy were greater than 1, and thus, they have met the requirements. The Story drift did not meet the requirements because its value exceeded the permit limit. Shearwall's contribution fulfilled the requirement of more than 25%. Meanwhile, the control of time history obtained the basic shear results satisfying the requirements for all seismic forces, but the story drift value dissatisfied the requirements because it exceeded the permissible limit for Y seismic force and Y direction. The results of the pushover analysis yielded a drift ratio value of 0.01. Hence, according to FEMA 356, the level of performance was immediate occupancy.

Keywords: *ductility, dual system, performance level, structural behavior, pushover analysis*

Abstrak

Bangunan tahan gempa wajib terpenuhi di Indonesia dengan tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi. Evaluasi dilakukan pada Hotel Swiss-Belhotel Darmo Surabaya yang dibangun pada tahun 2014 menggunakan sistem ganda. Sebagai pedoman evaluasi digunakan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung merupakan peraturan yang saat ini digunakan untuk perencanaan struktur gedung menggantikan peraturan SNI 1726-2012. Analisis *pushover* digunakan untuk evaluasi struktur dengan tujuan mendapatkan kurva kapasitas *pushover*, level kinerja dan target *displacement* berdasarkan FEMA 356 serta daktilitas yang terjadi pada struktur gedung. Hasil evaluasi diperoleh partisipasi massa pada modal ke-7, *base shear* sebesar ɲx dan ɲy lebih dari 1 telah memenuhi syarat. *Story drift* belum memenuhi syarat karena terdapat nilai *story drift* melebihi batas izin. Kontribusi *Shearwall* memenuhi syarat sebesar lebih dari 25%. Kontrol *time history* diperoleh hasil base shear memenuhi syarat untuk semua gaya gempa dan nilai *story drift* tidak memenuhi syarat karena nilai *story drift* melebihi batas izin untuk gaya gempa Y arah Y. Hasil analisis *pushover* diperoleh *ratio drift* 0,01 sehingga menurut FEMA 356 level kinerja *Immediate Occupancy*.

Kata Kunci: daktilitas, sistem ganda, level kinerja, perilaku struktur, analisa pushover

1. Pendahuluan

Sebagai negara yang terletak di wilayah cincin api, tak heran bila Indonesia sering terjadi gempa bumi. Bencana ini tidak bisa diprediksi kapan akan terjadi. Gempa bumi bisa menimbulkan korban jiwa yang besar dan kerusakan infrastruktur. Bangunan tahan gempa sebagai suatu hal yang wajib terpenuhi khususnya di Indonesia dengan tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi [1][2]. Gedung hotel Swiss-Belhotel Darmo merupakan bangunan yang digunakan sebagai tempat tinggal vertikal setinggi 56,6 meter. Gedung Swiss-Belhotel Darmo yang beralamat di Jl. Bintaro No. 21-25, Tegalsari, Surabaya dibangun pada tahun 2014 menggunakan sistem ganda. Gedung ini layak untuk dievaluasi karena merupakan gedung berlantai banyak yaitu 15 lantai sehingga wajib memiliki ketahanan terhadap beban gempa karena aktivitas tektonik di Indonesia [3].

Untuk mengetahui perilaku keruntuhan struktur bangunan akibat beban seismik menggunakan analisis pushover atau statik non linier [4][5]. Analisis pushover bertujuan untuk mengetahui kinerja struktur setelah penambahan beban gempa atau evaluasi kinerja struktur [6]. Sebelumnya telah dilakukan penelitian serupa terkait evaluasi bangunan Gedung dengan analisis pushover seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [7] dengan standar yang digunakan yakni SNI 03-1726-2002 dengan Gedung yang ditinjau berbeda. Pada penelitian ini akan mengacu pada standar terbaru, yakni SNI 1726-2019, di dalam analisis pushover, satu sendi plastis mencapai kondisi leleh pertama yang kemudian akan diikuti dengan kondisi leleh pada sendi-sendi plastis lainnya. Hal ini terus berangsur-angsur hingga akhirnya, simpangan pada puncak struktur mencapai simpangan target atau struktur memasuki kondisi tidak stabil.

2. Metode

Dalam penelitian ini fokus pada analisis bangunan terhadap gempa, adapun beberapa tahapan dan acuan sebagai berikut :

Struktur Bangunan Tahan Gempa

Tujuan utama dalam Perencanaan bangunan tahan gempa yaitu keselamatan manusia, mengurangi kerusakan akibat gempa sehingga tidak banyak merugikan dalam biaya yang dikeluarkan sebagai langkah perbaikan bangunan yang rusak. Adapun konsep dasar bangunan tahan gempa yaitu :

1. *Minor Earthquake* : Struktur utama bangunan tidak boleh rusak.
2. *Moderate Earthquake* : Struktur utama mengalami kerusakan ringan.
3. *Strong Earthquake* : Bangunan boleh rusak namun tidak roboh seluruhnya.

Analisis Pushover

Tujuan dari analisis pushover adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi, serta mendapatkan informasi tentang bagian mana yang kritis. Selain itu dapat mengidentifikasi bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk memastikan detail atau stabilitasnya.

Tabel 1. Level Kinerja Menurut Fema 356 [8]

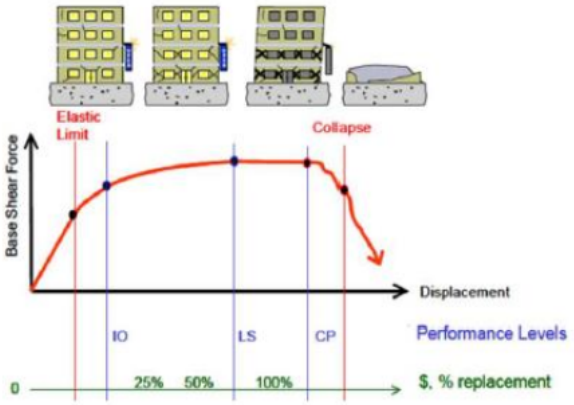
Level Kinerja	*Drift Ratio*
Immediate Occupancy	1%
Life Safety	1% - 2%
Collapse Prevention	4%

Level Kinerja Struktur.

Level kinerja (*performance level)* dari bangunan terhadap kejadian gempa mengacu pada FEMA-356 (2000)[8] yang menjadi acuan bagi perencanaan berbasis kinerja, level kinerja struktur dipakai untuk mempermudah memahami kondisi bangunan pasca gempa. Level kinerja dibagi menjadi beberapa kategori adalah segera dapat dipakai (IO = *Immediate Occupancy*), keselamatan penghuni

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

terjamin (LS = *Life-Safety*), terhindar dari keruntuhan total (CP = *Collapse Prevention*). Untuk mempermudah memahami level kinerja bangunan pasca gempa dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.



Gambar 1. Level Kinerja Struktur (FEMA 356 (2000))[8]

Pada penelitian ini menggunakan metode analisis beban dorong atau pushover mengacu pada pedoman SNI 1726-2019 [9] tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung dan FEMA 356 [8]. Menggunakan alat bantu *software* ETABS v.18 untuk analisis struktur.

Tahapan penelitian ini dimulai dari studi literatur terhadap penelitian terdahulu, standar-standar acuan terupdate seperti SNI 1726-2019 dan FEMA 356, untuk selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berupa gambar eksisting Gedung Hotel Swiss-Belhotel Darmo, data tanah, serta dilengkapi dengan data Perencanaan. Tahapan selanjutnya dilakukan dengan pemodelan 3D menggunakan aplikasi ETABS yang kemudian dilakukan pembebanan pada model struktur tersebut, adapun pembebanan yang dilakukan berupa Beban Mati dan Beban Hidup berdasarkan SNI 1727-2013 [10] dan Beban gempa dengan metode analisis time history dengan standar acuan SNI 1726-2019 [9]. Selanjutnya dilakukan kontrol perilaku struktur guna mengetahui pemodelan yang dilakukan sudah memenuhi persyaratan-persyaratan struktur Gedung terhadap gaya gempa yang bekerja, diantaranya dilakukan pemeriksaan terhadap time period, kontrol base shear, kontrol story drift, kontrol dual system, dan time history. Setelah hasil sudah memenuhi yang disyaratkan pada SNI 1726-2019[9], maka selanjutnya dilakukan analisis pushover untuk mengetahui level kinerja struktur Gedung, hingga dapat ditarik kesimpulan.

Data Umum Struktur Gedung :

Data umum dari perencanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Nama Gedung	: Swiss-Belhotel
Lokasi	: Jl. Bintaro No. 21-25, Tegalsari, Surabaya
Fungsi	: Hotel
Jumlah Lantai	: 15 Lantai
Tinggi Gedung	: 56,6 m
Material Struktur	: Beton Bertulang

Pemodelan Struktur

Program ETABS digunakan untuk menganalisis struktur bangunan. Semua komponen utama seperti balok, kolom, dan plat dimodelkan 3 dimensi ke dalam program ETABS.

Pemodelan dimulai dari membuat data grid, mendefinisikan material dan elemen struktur berdasarkan data yang diperoleh [5].

Kontrol Perilaku Struktur

Kontrol Partisipasi Modal Massa

Pasal 7.9.1 SNI-1726-2019 [9] Analisis dapat diizinkan untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual [2].

Waktu Getar Alami

Periode fundamental pendekatan menurut SNI 1726-2019 [9] dengan cara sebagai berikut [2]:

$Ta=C \times T.hn^{x}$ (1)

$T\ max=Cu.Ta$ (2)

Koefisen Respons Seismik

Pasal 10.3 SNI 1726-2019 [9] langkah-langkah perhitungan koefisien respons seismik adalah sebagai berikut ini [2].

$Cs\ maksimum=SD1/((T.R/Ie))$ (3)

$Cs\ hitung=SDs/((T.R/Ie))$ (4)

$Cs\ minimum=0{,}044.SDs.Ie$ (5)

Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Pasal 7.9.2.5.1 SNI-1726-2019 [9] gaya geser dasar inelastik maksimum VIX dan VIy harus ditentukan dengan rumus berikut [2] :

$V\ ix=(Ve.Ie)/Rx$ (6)

$V\ iy=(Ve.Ie)/Ry$ (7)

Pasal 7.9.2.5.2 SNI-1726-2019 [9] Gaya geser dasar, VX untuk arah x dan VY untuk arah y harus dihitung dengan rumus berikut [2] :

$\eta x=Vx/Vix \geq 1{,}0$ (8)

$\eta y=Vy/Viy \geq 1{,}0$ (9)

Kontrol Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Pasal 7.8.6 SNI-1726-2019 [9] Simpangan pusat massa di tingkat-x (δx) (mm) harus ditentukan sesuai dengan rumus berikut [2]:

$\delta x=(Cd.\delta e)/Ie$ (10)

Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Pasal 7.2.5.8 SNI 1726-2019 [9] Dalam sistem ganda, rangka pemikul momen yang digunakan harus mampu menahan gaya lateral minimal 25 % dari gaya geser nominal yang bekerja [9].

Kontrol Riwayat Waktu (*Time History*)

Pasal 11.1.1 SNI 1726-2019 [9] Analisis riwayat waktu respons non linier dapat digunakan sesuai persyaratan untuk menunjukan kekuatan, kekakuan dan daktilitas dalam menahan guncangan gempa maksimum (MCER) [9].

Analisis Pushover

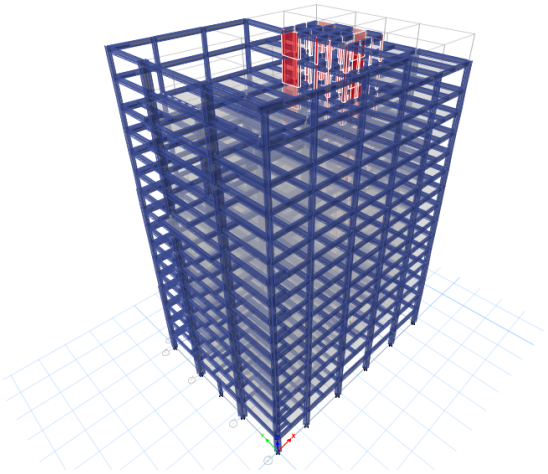
Dalam analisis respon struktur digunakan metode pushover. Pushover adalah suatu metode analisis struktur dengan beban statis monotonik, yang diterapkan sepanjang ketinggian struktur dan ditingkatkan hingga simpangan pada puncak struktur mencapai simpangan target. Selama proses pushover, sendi plastik akan mencapai kondisi leleh pertama kemudian diikuti kondisi leleh pada sendi plastik lainnya. Ini berlanjut hingga akhir, simpul di atas struktur mencapai simpangan target atau struktur memasuki keadaan tidak stabil [11][12].

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan struktur meliputi balok, kolom dan plat dilakukan untuk mengetahui kekuatan elemen struktur dalam evaluasi suatu bangunan. Ketiga elemen struktur tersebut berfungsi sebagai penyebar dan penahan beban yang bekerja sehingga perlu diperhitungkan kekuatannya dalam menahan beban yang bekerja. Setelah pemodelan selesai dikerjakan maka akan dapat dilakukan kontrol perilaku struktur dan analisis level kinerja struktur tersebut.

Pemodelan Struktur 3D



Gambar 2. Pemodelan Struktur 3D

Pemodelan 3D struktur Hotel Swiss-Belhotel Darmo Surabaya ini menggunakan program ETABS seperti pada Gambar 2. Struktur dengan sistem SRPMK dan Shearwall (*Dual System*), dengan mutu material sebagai berikut :

Mutu Beton (fc') : 35 Mpa (Struktur primer seperti balok, kolom, dan *shearwall*)
: 25 Mpa (Struktur sekunder seperti balok anak dan plat lantai)
Mutu baja (fy) : 400 Mpa (BJTD 40) (untuk tulangan pokok)
: 240 Mpa (BJTP 24) (untuk tulangan Sengkang)

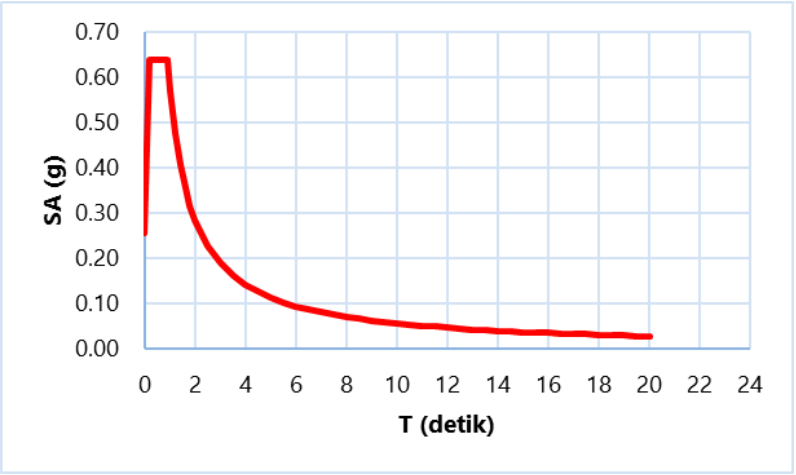
Pembebanan

Analisis pembebanan pada struktur ini meliputi beban mati, beban hidup, berikut adalah analisa pembebannya, diambil berdasarkan SNI 1727-2013[10] :

Berat sendiri (DL)
Berat jenis beton : 23,536 kN/m3
Berat jenis besi tulangan : 76,982 kN/m3
Beban mati tambahan (SIDL)
Beban mati tambahan untuk lantai Mz – 14 meliputi :
Keramik spasi : 1,10 kN/m2
Penggantung plafond : 0,1 kN/m2
Plafond : 0,05 kN/m2
Pegangan tangga (railing) : 0,14 kN/m2
ME : 0,19 kN/m2
Dinding batu bata : 5,51 kN/m2
Beban mati tambahan untuk lantai atap meliputi :
ME : 0,19 kN/m2
Waterproofing : 0,05 kN/m2
Beban Hidup (LL)

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

Lantai Mezzanine : 4,79 kN/m2
Lantai 2 (meeting room) : 4,79 kN/m2
Lantai 3-9 (guest room) : 1,92 kN/m2
Lantai 10 : 1,92 kN/m2
Kolam renang : 7,18 kN/m2
(Diasumsikan beban merata pada plat pada saat kolam renang dalam kondisi penuh)
Lantai 11-13 (*guest room*) : 1,92 kN/m2
Lantai 14 (*Multifuction hall*) : 4,79 kN/m2
Lantai atap (Lr) : 1,92 kN/m2
Ruang mesin lift : 7,18 kN/m2
Beban Gempa
Analisis beban gempa mengacu pada SNI 1726-2019 [9].
Faktor keutamaan gempa, Ie : 1,0
kelas situs : SE (tanah lunak).
Ss : 0,6785
S1 : 0,3037
Fa : 1,41
Fv : 2,82
SMS : 0,95668 g
SM1 : 0,85643 g
SDS : 0,6378 g
SD1 : 0,5710 g
T0 : 0,1790 s
TS : 0,8953 s
Dari parameter diatas diperoleh grafik respons spektrum seperti Gambar 3. Grafik Respon Spektrum ini akan diaplikasikan pada pemodelan yang dilakukan dengan program ETABS, sehingga gaya gempa dapat disimulasikan berdasarkan standar acuan beban gempa, yakni SNI 1729-2019.



Gambar 3. Grafik Respon Spektrum

Kontrol Partisipasi Massa

Dilakukan analisis untuk menentukan ragam getar alami struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mencapai partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mendapatkan hasil sesuai ketentuan tersebut ragam satu badan kaku (single right body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode dibawah 0,05 detik. Adapun hasil partisipasi massa pada pemodelan struktur Gedung SwissBell Hotel dapat dilihat pada Tabel 2.

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

Tabel 2. Partisipasi Modal Massa

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	3,5710	0,0000	0,2425	0,0000	0,0000	0,2425	0,0000
Modal	2	2,4770	0,8116	0,0074	0,0000	0,8116	0,2499	0,0000
Modal	3	2,1890	0,0097	0,5623	0,0000	0,8213	0,8122	0,0000
Modal	4	1,0550	0,0018	0,0126	0,0000	0,8231	0,8248	0,0000
Modal	5	0,8970	0,0000	0,0009	0,0000	0,8231	0,8257	0,0000
Modal	6	0,7960	0,0947	0,0022	0,0000	0,9179	0,8278	0,0000
Modal	7	0,6440	0,0028	0,0774	0,0000	0,9207	0,9052	0,0000
Modal	8	0,5800	0,0003	0,0060	0,0000	0,9210	0,9112	0,0000
Modal	9	0,4150	0,0297	0,0006	0,0000	0,9508	0,9118	0,0001
Modal	10	0,3960	0,0003	0,0056	0,0000	0,9511	0,9174	0,0001
Modal	11	0,3560	0,0000	0,0000	0,0000	0,9511	0,9174	0,0001
Modal	12	0,3170	0,0018	0,0254	0,0000	0,9529	0,9428	0,0001

Identifikasi hasil dari kontrol perilaku struktur terhadap Partisipasi modal massa minimum yang terjadi pada bangunan struktur hotel SwissBell hotel, yaitu lebih dari 90% pada modal ke 7 dengan jumlah modal yang ditinjau adalah 12 modal dan periode getar terbesar yaitu 3,570 s.

Time Period

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), maka *time period* struktur Gedung SwissBell hotel yakni sebagai berikut :

Ta = 0,0488 . 56,6 0,75
= 1,007 s

Tmax = 1,4 . 1,007 = 1,4098 s < 3,57 s

Maka menggunakan T = 1,4098

Setelah memperoleh T pakai, maka mengacu pada persamaan (3), (4), dan (5) dapat dihitung Koefisien Respons Seismik :

Cs maksimum = SD1 / (T (R/Ie))
= 0,5710 / (1,4098 (7/1,0))
= 0,0578

Cs hitung = SDS / (T (R/Ie))
= 0,6378/ (7/1,0)
= 0,0911

Cs minimum = 0,044 . SDS . Ie
= 0,0281

Karena hasil nilai Cs Hitung > Cs maksimum, maka untuk nilai Cs yang digunakan adalah Cs minimum sebesar 0,0281.

Base Shear

Diperoleh total nilai berat efektif seismik (Wt) sebesar 21532501,5 kg = 211161,75 kN. Hasil analisis ragam respons spektrum (Vt) untuk arah X dan arah Y sebesar,

Vt Arah X = 6007,31 kN

Vt Arah Y = 4984,55 kN

Untuk perhitungan nilai gaya geser dasar nominal seismik (V) dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

V = Cs . Wt

V = 0,0281. 211161,75= 5933,645 kN

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

Berdasar SNI 1726-2019 pasal 7.9.2.5.1 Untuk tiap gerak tanah yang dianalisis, gaya geser dasar inelastik maksimum, Vix dan Viy untuk arah x dan arah y, harus ditentukan berdasarkan persamaan (6) dan (7) :

Vix = (VE . Ie) / Rx
= (5933,645 x 1,0) / 7
= 847,664

Viy = (VE . Ie) / Ry
= (5933,645 x 1,0) / 7
= 847,664

Berdasar SNI 1726 – 2019 [10] pasal 7.9.2.5.2 Gaya geser dasar VX dan VY untuk arah x dan arah y harus dihitung berdasarkan persamaan (8) dan (9) :

ɲx = Vx / Vix ≥ 1,0
= 6007,31 / 847,664 ≥ 1,0
= 7,09 ≥ 1,0

ɲy = Vy / Viy ≥ 1,0
= 4984,55 / 847,664 ≥ 1,0
= 5,88 ≥ 1,0

Dengan hasil perhitungan ɲx dan ɲy ≥ 1, maka telah dapat terpenuhi.

Simpangan antar Lantai

Simpangan antar lantai mengacu pada hasil pemodelan dengan program ETABS terhadap masing-masing drift yang terjadi tiap lantainya, kemudian dihitung dengan persamaan (10). Hasil pengecekan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Simpangan Antar Lantai Arah X Gaya Gempa Arah X

Story	δe (mm)	δx (mm)	Δi (mm)	Δ izin (mm)	Ket
ATAP	74,154	407,847	4,730	72,00	Aman
LANTAI ATAP	73,294	403,117	14,542	80,00	Aman
LANTAI 14	70,65	388,575	14,091	66,00	Aman
LANTAI 13	68,088	374,484	16,830	66,00	Aman
LANTAI 12	65,028	357,654	19,201	66,00	Aman
LANTAI 11	61,537	338,454	21,241	66,00	Aman
LANTAI 10	57,675	317,213	22,121	66,00	Aman
LANTAI 9	53,653	295,092	23,936	66,00	Aman
LANTAI 8	49,301	271,156	25,757	66,00	Aman
LANTAI 7	44,618	245,399	27,390	66,00	Aman
LANTAI 6	39,638	218,009	28,650	66,00	Aman
LANTAI 5	34,429	189,360	29,084	66,00	Aman
LANTAI 4	29,141	160,276	34,628	80,00	Aman
LANTAI 3	22,845	125,648	41,696	80,00	Aman

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

LANTAI 2	15,264	83,952	40,315	80,00	Aman
LANTAI MZ	7,934	43,637	43,637	80,00	Aman
LANTAI 1	0	0,000	0,000	0,00	Aman

Kontrol Dinding Geser

Berdasarkan SNI 1726-2019 [9] Sistem Rangka Pemikul Momen harus dapat memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan. Hasil gaya geser dasar *shearwall* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kontribusi Shear wall

Story	***Output Case***	**FX**	***Output Case***	**FY**
		kN		kN
Base	RSPx Max	92,077	RSPy Max	733,347
Base	RSPx Max	204,727	RSPy Max	11,888
Base	RSPx Max	72,578	RSPy Max	710,758
Base	RSPx Max	128,536	RSPy Max	7,551
Base	RSPx Max	94,918	RSPy Max	582,325
Base	RSPx Max	266,551	RSPy Max	10,303
Base	RSPx Max	100,709	RSPy Max	484,890
Base	RSPx Max	81,085	RSPy Max	10,072
Base	RSPx Max	98,552	RSPy Max	570,244
Base	RSPx Max	119,037	RSPy Max	7,965
Base	RSPx Max	794,650	RSPy Max	407,617
Base	RSPx Max	509,250	RSPy Max	137,872
Base	RSPx Max	559,556	RSPy Max	15,492
Base	RSPx Max	15,562	RSPy Max	160,784
Total		3137,786		3851,108

Dari tabel 3 diketahui total gaya geser yang ditahan oleh *shearwall* sebesar 3137,786 kN untuk Arah X dan 3851,108 kN untuk Arah Y. Maka dapat diperhitungkan seperti Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Kontribusi *Shear wall*

Arah	**Lokasi**	**Gaya Geser**	**Presentase**
X	*Shear Wall*	3137,786	52,65%
	Keseluruhan	5959,479	
Y	*Shear Wall*	3851,108	78,82%
	Keseluruhan	4885,823	

Berdasarkan tabel 7 syarat untuk sistem ganda rangka pemikul momen sudah terpenuhi karena struktur rangka sudah melebihi dari 25% gaya seismik desain.

Analisis Gempa *Time History*

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

Rekaman gempa menggunakan 11 data berdasarkan data yang sering digunakan untuk analisis *time history* yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Rekaman Gempa Time History

No	Gempa	Tahun	Stasiun	SR
1	Imperial Valley	1940	El Centro	6,95
2	Kobe, Japan	1995	Takarazuka	6,90
3	Tabas, Iran	1978	Tabas	7,40
4	Chici, Taiwan	1999	CHY028	7,62
5	Northridge	1994	Beverly Hills	6,69
6	Loma Prieta	1989	LGPC	6,93
7	Kocaeli, Turkey	1999	Duzce	7,51
8	El Mayor, Mexico	2010	El Centro	7,20
9	San Fernando	1971	Pacoima Dam	6,61
10	Friuli, Italy	1976	Forgaria Cornino	5,91
11	Duzce, Turkey	1999	Bolu	7,14

Hasil *Time History*

Kontrol Gaya Geser Dasar

Untuk rekapitulasi perhitungan nilai gaya geser dasar setiap gempa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Gaya Geser Dasar Hasil dari Time History

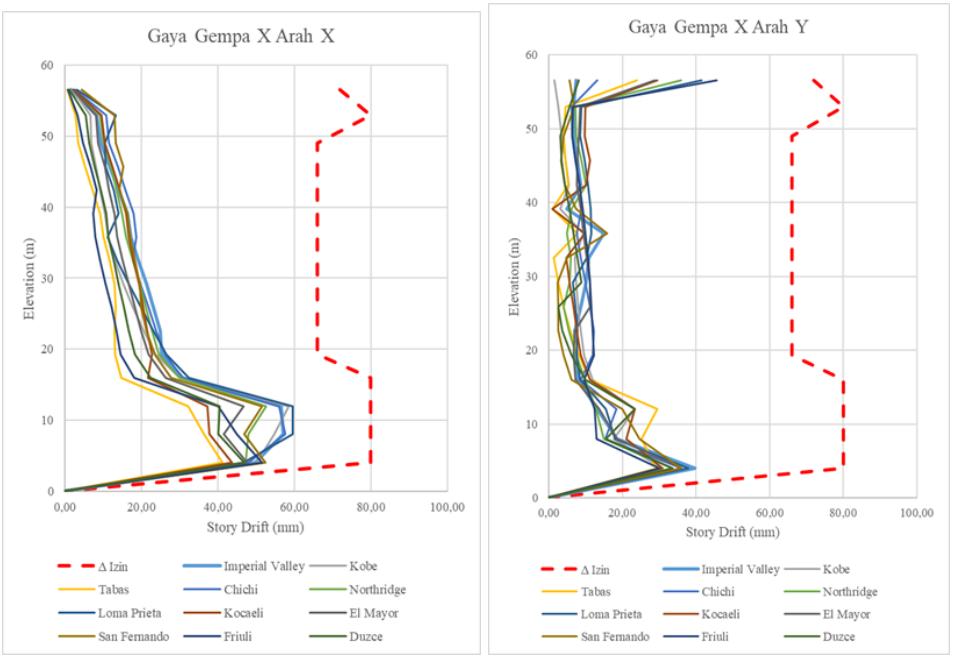
Output Case	FX kN	FY kN	ρx	ρy	$\rho \geq 1$
IMPERIAL VALLEY-X	5979,0	2073,2	7,05	2,45	Memenuhi
IMPERIAL VALLEY-Y	1749,7	4725,3	2,06	5,57	Memenuhi
KOBE-X	5554,3	2033,1	6,55	2,40	Memenuhi
KOBE-Y	1523,2	4835,4	1,80	5,70	Memenuhi
TABAS-X	6204,8	2350,8	7,32	2,77	Memenuhi
TABAS-Y	1313,8	4183,4	1,55	4,94	Memenuhi
CHICHI-X	5821,8	1991,2	6,87	2,35	Memenuhi
CHICHI-Y	1581,2	4426,7	1,87	5,22	Memenuhi
NORTHRIDGE-X	5758,5	1716,3	6,79	2,02	Memenuhi
Output Case	**FX kN**	**FY kN**	**ρx**	**ρy**	**$\rho \geq 1$**
NORTHRIDGE-Y	1610,0	5208,1	1,90	6,14	Memenuhi
LOMA PRIETA-X	6603,8	2258,7	7,79	2,66	Memenuhi
LOMA PRIETA-Y	1501,6	5077,9	1,77	5,99	Memenuhi
KOCAELI-X	5513,8	1330,1	6,50	1,77	Memenuhi
KOCAELI-Y	1532,4	4795,8	1,81	6,50	Memenuhi
EL MAYOR-X	5512,7	1914,4	6,50	2,26	Memenuhi
EL MAYOR-Y	1511,5	5718,3	1,78	6,75	Memenuhi

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553

SAN FERNANDO-X	5600,9	1904,5	6,61	2,25	Memenuhi
SAN FERNANDO-Y	1524,9	4403,9	1,80	5,20	Memenuhi
FRIULI-X	5282,1	1958,0	6,23	2,31	Memenuhi
FRIULI-Y	2125,1	4596,3	2,51	5,42	Memenuhi
DUZCE-X	5441,1	2004,5	6,42	2,36	Memenuhi
DUZCE-Y	1527,9	4106,7	1,80	4,84	Memenuhi

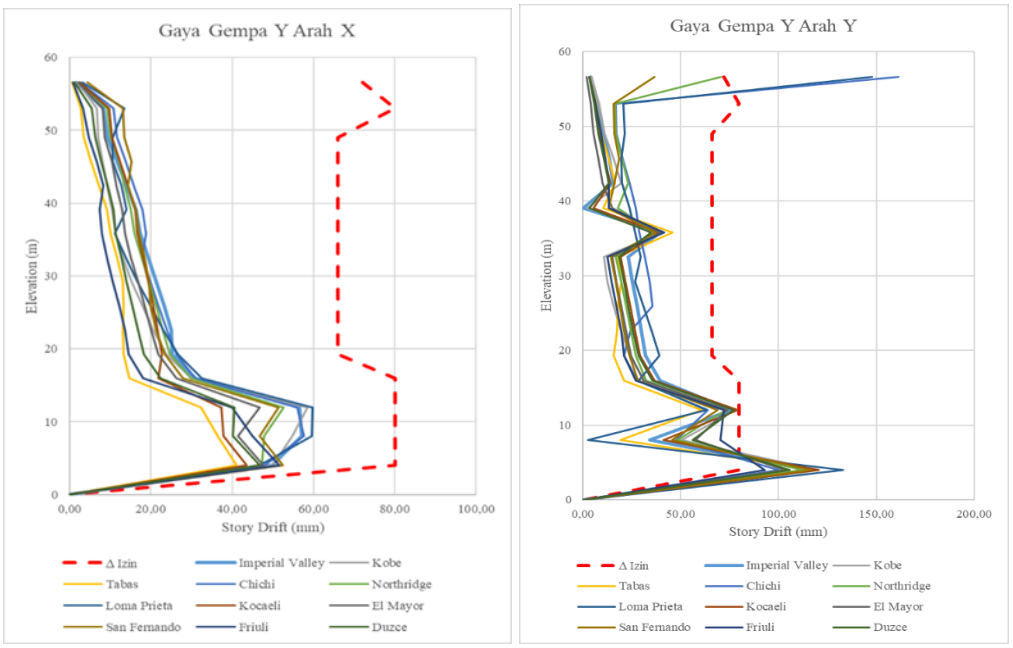
Kontrol Simpangan antar Lantai

Grafik hasil pengecekan simpangan antar lantai *time history* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



(a) (b)

Gambar 4. a) Story Drift Gempa X arah X, b) Story Drift Gempa X arah Y



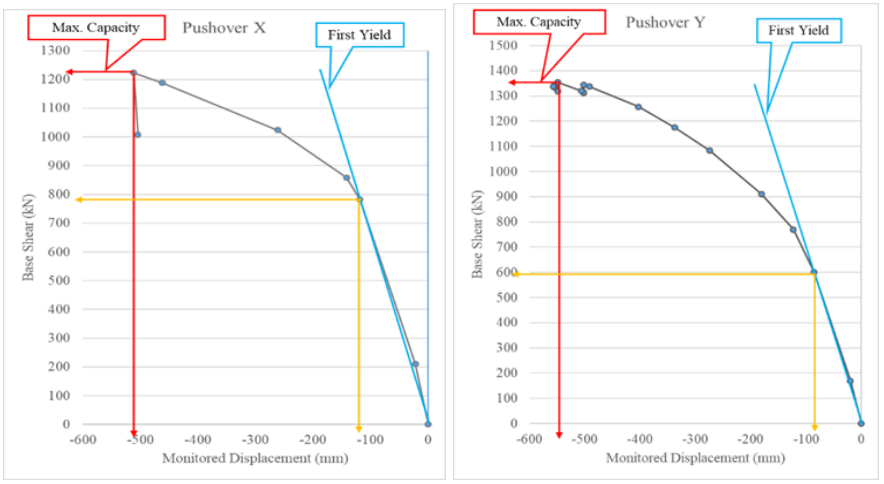
(a) (b)

Gambar 5. a) *Story Drift* Gempa Y arah X, b) *Story Drift* Gempa Y arah Y

Berdasarkan Gambar 4, Hasil simpangan antar lantai gaya gaya gempa *Time History* dapat dikategorikan aman, karena nilai story drift tidak melebihi dari batas izin. Berdasarkan Gambar 5 Hasil simpangan antar lantai gaya gaya gempa *Time History* dapat dikategorikan tidak aman, karena terdapat nilai *story drift* melebihi dari batas izin yaitu pada *Story Drift* Gempa Y arah Y.

Analisis Pushover

Dari analisa pushover 2 dimensi diperoleh kurva kapasitas, *target displacement,* dan level kinerja pada Gambar 6.

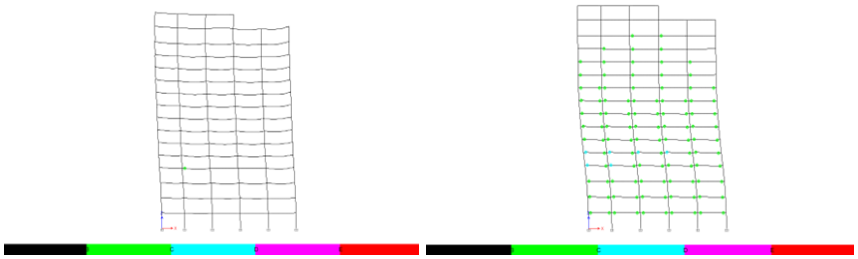


(a) (b)

Gambar 6. a) Kurva Kapasitas Pushover X, b) Kurva Kapasitas Pushover Y

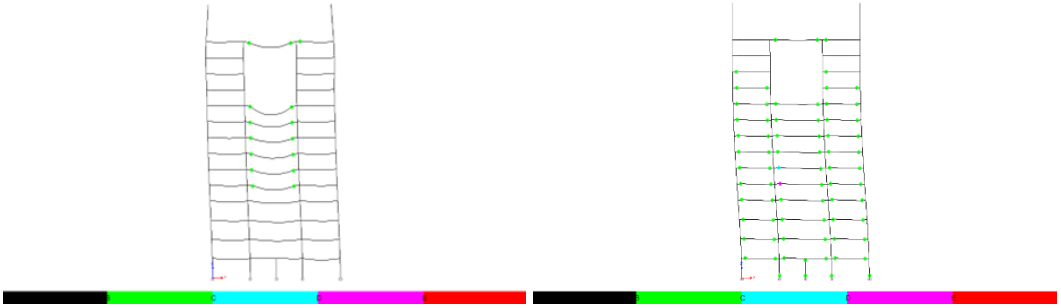
Gambar sendi plastis yang terjadi saat dilakukan analisa pushover dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

 ISSN: 2721-1878 | DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553



(a) (b)

Gambar 7. a) Sendi Plastis Pada Kedaan Leleh Pertama Arah X, b) Sendi Plastis Pada Saat Kondisi Maks. Performance Arah X



(a) (b)

Gambar 8. a) Sendi Plastis Pada Keadaan Leleh Pertama Arah Y, b) Sendi Plastis Pada Saat Kondisi Maks. Performance Arah Y

4. Kesimpulan

Partisipasi massa sesuai yang disyaratkan SNI 1726-2019 bisa dipakai nilai minimum sebesar 90% yang dimana didapat pada modal ke 7. Nilai Gaya Geser Dasar dengan hasil perhitungan ɲx dan ɲy ≥ 1, maka telah dapat terpenuhi. Hasil pengecekan simpangan antar lantai dikategorikan tidak aman, karena terdapat nilai story drift melebihi dari batas izin. Total gaya geser yang di tahan oleh *shearwall* sebesar 52,65% untuk Arah X dan 78,82% untuk Arah Y maka sudah memenuhi persyaratan minimal sebesar 25%. Gaya geser dasar hasil kontrol riwayat waktu memenuhi syarat untuk semua gaya gempa dan pengecekan simpangan antar lantai hasil kontrol riwayat waktu dikategorikan tidak aman karena terdapat nilai *story drift* melebihi batas izin. Level kinerja termasuk kedalam kategori IO (*Immediate Occupancy*) untuk arah X dan arah Y. Daktilitas yang terjadi melebihi dari yang telah disyaratkan sehingga struktur bangunan terlalu daktail.

Referensi

[1] A. Firmansyah *et al.*, “Perencanaan struktur gedung lfc beton bertulang tahan gempa dengan menggunakan sistem ganda pada daerah gempa tinggi,” vol. 7, no. 2, pp. 83–92, 2019.

[2] H. Istiono and L. Khoe, “Analisis Perhitungan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Kolam Renang Berdasarkan SNI 1726 : 2019,” pp. 1–6, 2019.

[3] D. Ayu and L. Nurul, “Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung,” vol. 6, no. 1, pp. 33–38, 2017.

[4] H. Istiono *et al.*, “Analisis Respon Struktur dan Level Kinerja Bangunan Pasca Gempa Pada Gedung Hotel Biliton,” pp. 523–532, 2012.

[5] H. Istiono and A. Y. Ramadhan, “Analisis Pengaruh P-Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: Non-High Rise Building),” *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 3, pp. 218–226, 2020.

[6] E. Wahyuni and Y. Tethool, "Structure- Stell Effect of vierendeel panel width and vertical truss spacing ratio in staggered truss framing system under earthquake loads," vol. 13, no. 2, 2015.
[7] C. Utomo, R. I. Susanto, S. Tudjono, and H. Wibowo, "Evaluasi Struktur Dengan Pushover Analysis Pada Gedung Kalibata Residences Jakarta," *J. Karya Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, 2012.
[8] F. Emergency and M. Agency, "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings," no. November, 2000.
[9] B. S. Nasional, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, no. 8. 2019.
[10] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain," 2013.
[11] B. Andreas *et al.*, "Perhitungan Inter Story Drift Pada Bangunan Tanpa Set-Back Dan Dengan Set-Back Akibat Gempa," vol. 1, no. 6, 2013.
[12] H. A. Safarizki, "Evaluasi Penggunaan Bresing Baja Dalam Meningkatkan Kinerja Struktur Beton Tahan Gempa (Studi Kasus: Gedung V Fakultas Teknik UNS)," vol. XIII, no. 1, pp. 1–12, 2012.

How to cite this article:
Istiono H, et al. Evaluasi Struktur Gedung Hotel Swiss-Belhotel Darmo Surabaya Menggunakan Analisis Pushover Berdasarkan SNI 1726-2019. *Jurnal Teknologi dan Manajemen.* 2023 Juli; 4(2):97-109. DOI: 10.31284/j.jtm.2023.v4i2.4553