



## Evaluasi Struktur Bangunan Hijau Institut Teknologi Sains Bandung dengan Metode *Pushover Analysis* (Studi Kasus: Tinjauan Keamanan dan Keselamatan Jalur Evakuasi)

Catur Bayu Wijaya Kusuma<sup>1</sup>, Ilham<sup>\*1</sup>, Arzal M. Zain<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi dan Sains Bandung, Cikarang Pusat, Jalan Ganesha Boulevard No. 1

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palu, Palu, Jalan Hang Tuah No. 114

\*Penulis korespondensi: [ilham.chaniago@gmail.com](mailto:ilham.chaniago@gmail.com)

DISUBMIT 2 Januari 2025 DIREVISI 12 Juni 2025 DITERIMA 14 Juni 2025

**ABSTRAK** Bangunan harus dirancang tahan gempa demi keselamatan dan kenyamanan penggunanya. Penelitian ini mengevaluasi struktur bangunan hijau Institut Teknologi Bandung menggunakan metode Analisis *Pushover* dengan studi kasus jalur evakuasi. Gedung ITSB memiliki satu titik akses evakuasi berupa tangga yang cukup terbuka sehingga berbahaya jika terjadi gempa. Sehingga, jalur evakuasi perlu ditinjau dari segi ketahanan struktur dengan metode Analisis *Pushover*. Rumusan masalah penelitian ini adalah potensi terjadinya sendi plastis pada jalur evakuasi yang dapat membahayakan proses evakuasi. Penelitian ini sendiri bertujuan untuk mengetahui potensi luas sambungan plastis pada Gedung ITSB dengan Analisis *Pushover*. Analisis *Pushover* dilakukan dengan simulasi beban lateral terstruktur yang kemudian dinaikkan secara bertahap untuk mengetahui bentuk perpindahan suatu struktur. Analisis *Pushover* dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui bagian mana berpotensi mengalami sambungan plastis. Engsel plastis merupakan bentuk pelemahan struktur pada elemen struktur yang mengakibatkan struktur tersebut tidak dapat mempertahankan kekuatannya. Dari hasil analisis *Pushover* didapatkan bahwa sebaran engsel plastis dapat membahayakan pengguna gedung untuk melakukan evakuasi. *Pushover Analysis* menunjukkan bahwa dari mekanisme sebaran engsel plastis yang terjadi, pelelehan pertama terjadi pada balok penopang tangga. Dimana tangga tersebut merupakan akses utama jalur evakuasi pada gedung ITSB. Untuk menentukan langkah pencegahan kerusakan struktur maka dilakukan evaluasi khusus pada area struktur tangga mengenai ketahanan struktur area tangga yang terjadi engsel plastis. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dari segi ketahanan struktur maka struktur tangga harus dilakukan perkuatan pada area yang terdapat engsel plastis.

**KATA KUNCI** *Building, Earthquake; Pushover Analysis; Evacuation Route*

### 1 PENDAHULUAN

Bangunan gedung ialah bentuk fisik pemanfaatan ruang, dengan kegunaan sebagai media manusia melaksanakan aktivitasnya, baik untuk hunian ataupun tempat untuk menetap, kependidikan, keagamaan, aktivitas usaha, budaya maupun kegiatan khusus lainnya. Perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangatlah penting di Indonesia, bangunan tahan gempa harus memiliki ketahanan untuk tidak runtuh, mampu untuk menahan bangunan itu sendiri, dan tidak rusak akibat gempa, maka dari itu Gedung perlu didesain tahan gempa demi keselamatan dan kenyamanan pemakainya, hal ini bertujuan untuk mencegah kegagalan struktur ataupun hilangnya korban jiwa.

Bangunan gedung Institut Teknologi Sains Bandung merupakan bangunan gedung yang

mempunyai 4 lantai yang berkonsep green building. Gedung Institut Teknologi Sains Bandung menempati area seluas 5 hektar, di Central Business District Kota Deltamas, Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi. Usia gedung ITSB sendiri terbilang masih cukup baru karena dibangun pada tahun 2011. Gedung ITSB hanya mempunyai satu akses tangga yang cukup terbuka sehingga jika terjadi gempa atau kebakaran, tangga tersebut bisa membahayakan penggunanya. Syarat-syarat bangunan gedung yang baik yaitu harus mempunyai tangga darurat, dan tangga darurat harus memenuhi persyaratan tahan gempa. Untuk merencanakannya, dengan kriterianya yaitu dipergunakan untuk merancang, Juwana memaparkan (2005:139) dan dalam Bab 3 butir 3.8.1.1 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008 bahwasanya keseluruhan tangga paling utama pada bangunan yang

tidak rendah, terlindungi dari gas yang beracun, serta harus disesuaikan dengan kegunaan dan yang menjadi klasifikasinya, jumlah dan keadaan serta yang menjadi jarak aman. Sarana pintu keluar dan jalur evakuasi harus dilengkapi tanda arah yang memudahkan untuk dibaca serta jelas. Tentang sarana evakuasi juga tercantum pada Permen PUPR Nomor 14 Tahun 2017 tentang persyaratan kemudahan bangunan gedung.

Sarana evakuasi yang memadai sangat krusial dalam kesiapsiagaan, dalam kasus ini khususnya bencana gempa, ialah fenomena alam yang penyebabnya dari gesernya secara mendadak pada lapisan bawah bumi. Perhitungan gempa rencana ini harus menghasilkan struktur gedung yang masih bisa berdiri di keadaan bagaimanapun [1]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini Penulis meneliti gedung ITSB dengan cara memodelkan struktur gedung utama ITSB dengan *software* ETABS 2018 versi 18.2.0. selanjutnya dianalisis menggunakan *Pushover Analysis* untuk mengetahui sendi plastisnya.

Pada tahap perencanaan struktur bangunan dilakukan pemodelan rencana bangunan yang kemudian disimulasikan terhadap berbagai beban gempa, pemodelan bangunan dimulai pada tahap simulasi rencana terhadap beban gempa. Simulasi rencana dapat memberikan informasi dan tingkatan yang rusak, sehingga dapat memperkirakan keselamatan, kesiapan pakai dan kerugian yang akan terjadi. Perencanaan khususnya bangunan tinggi menggunakan metode *Pushover Analysis*. *Pushover Analysis* bertujuan untuk mendapatkan keruntuhan gedung, besarnya perpindahan dan gaya geser maksimum dengan cara memberikan beban dorong statis pada pusat massa tiap lantai.

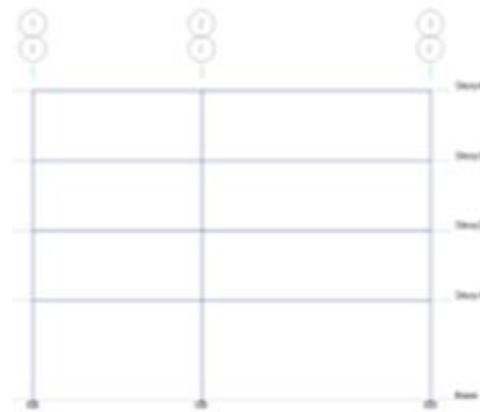
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil analisis statis non linear (*Pushover Analysis*), mengetahui potensi sendi plastis bangunan, dan juga mengevaluasi kekuatan

struktur bangunan dari sisi keselamatan dan keamanan jalur evakuasi.

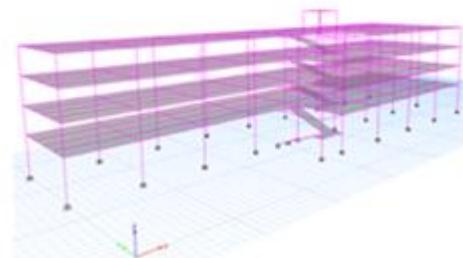
## 2 METODOLOGI

Pemodelan struktur ini menggunakan bangunan beton ditinjau dari gedung kampus ITSB pada Program ETABS, pemodelan meliputi:

Jumlah tingkat : 5 lantai  
 Lebar portal : 8.4 m & 11.4 m  
 Tinggi portal per lantai : 3.7 m



a. Tampak Bangunan Eksisting



b. Tampak Bangunan 3D

Gambar 1 Denah Struktur Kampus ITSB

**Pembebanan Struktur.** Beban mati tambahan yang bukan elemen struktur seperti finishing lantai, dinding partisi, dan lain-lain, dihitung berdasarkan berat satuan (*specific gravity*) menurut tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung seperti: Beban mati, Beban mati tambahan, Beban Hidup, Beban Gempa, Beban Angin, Beban Lateral [2].

**Kombinasi Pembebanan.** Pada pembebanan struktur merujuk berdasarkan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk

gedung, dengan kombinasi pembebanan sebagai berikut [3]:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3.  $1,2 DL + 1 LL \pm 0,3 (\rho QE + 0,2SDSDL) \pm 1$   
( $\rho QE + 0,2 SDSDL$ )
4.  $1,2 DL + 1 LL \pm 1 (\rho QE + 0,2SDSDL) \pm 0,3$   
( $\rho QE + 0,2 SDSDL$ )
5.  $0,9 DL \pm 0,3 (\rho QE - 0,2 SDSDL) \pm 1$  ( $\rho QE - 0,2 SDSDL$ )
6.  $0,9 DL \pm 1 (\rho QE - 0,2 SDSDL) \pm 0,3$  ( $\rho QE - 0,2 SDSDL$ )

Dimana, DL = beban mati, termasuk SIDL, LL = beban hidup, EX = beban gempa arah-x, EY = beban gempa arah-y, P = faktor reduksi untuk desain seismik, SDS = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek, QE = pengaruh gaya seismik horizontal dari V.

**Pushover Analysis.** Analisa statis non linier ialah yang menjadi acuan untuk memperhatikan penyikapan, suatu pembangunan pada gempa, pengenalan pada penganalisaan *pushover*, ataupun pembebanan dorong statis. Tujuan analisa *pushover* yaitu diperuntukkan untuk perkiraan gaya serta deformasi dari perolehan informasi yang kritis, kemudian dengan identifikasi pembagian yang dibutuhkan dengan detail, penunjukan jika analisisnya memperoleh hasil yang cukup, untuk bangunan reguler serta tidak tinggi.

Tabel 1 dan Tabel 2. Kemudian beban mati tambahan ini diterapkan pada pelat sebagai beban merata yang terdistribusi ke seluruh pelat lantai.

Beban hidup mengacu pada peraturan pembebanan Indonesia, nilai pembebanan hidup dengan kegunaan ialah dari 250 kg/m<sup>2</sup> pada masing-masing pelat lantai, diperuntukkan pada pembebanan pada lantai dengan 100 kg/m<sup>2</sup>. Beban tersebut diaplikasikan sebagai beban merata pada pelat yang terdistribusi pada seluruh lantai pelat.

Analisis struktur terhadap beban gempa menggunakan metode respons spektrum.

**Jalur Evakuasi.** Jalur evakuasi ialah media keamanan yang menjadi perhatian perencanaan gedung, yang pertama dilakukan dengan keadaan yang darurat, pencarian jalan keluar dengan ketepatan dan keamanan. Kualitasnya, dengan menanggulangi bencana, menjamin keselamatan penggunaan bangunan. Sistem keselamatan pada gedung yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sarana keselamatan dimana tiap-tiap komponennya mengacu kepada beberapa peraturan yang berlaku.

### 3 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

**Data Struktur.** Pemodelan struktur dalam kajian ini adalah struktur Gedung Utama Institut Teknologi Sains Bandung. Struktur dimodelkan dalam skala tiga dimensi dengan memasukkan elemen struktur berupa kolom dan balok dan pelat lantai balok dibuat komposit dengan pelat lantai. Pelat lantai dihitung sebagai beban pada balok. Kolom-kolom dianggap jepit pada bagian bawah.

**Aplikasi Pembebanan pada Model.** Beban mati merupakan berat sendiri struktur bangunan, yang secara otomatis diperhitungkan oleh program berdasarkan berat jenis material dan dimensi penampang struktur. Beban mati tambahan yang bekerja pada pelat lantai meliputi, seperti yang ditunjukkan pada

Analisis ini menggunakan Spektrum Respons Gempa Rencana dari SNI 1726:2019. Adapun perhitungannya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut [4]:

- 1) Struktur bangunan ini termasuk dalam kategori Gedung Pendidikan memiliki kategori pemanfaatan IV.
- 2) Menentukan faktor keutamaan (*Importance Factors*) bangunan berdasarkan tabel untuk *occupancy category* II maka diperoleh faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1.50$ .

**Tabel 1 Beban Mati per m<sup>2</sup> pada Lantai Tipikal**

Jenis Beban	Berat kN/m <sup>2</sup>	Diambil dari
Keramik Spesi	1,10	(ASCE 7-16 Table C3-1 Ceramic or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed)
Ducting Mekanikal	0,19	(ASCE 7-16 Table C3-1, Mechanical Duct Allowance)
Penggantung Langit-langit	0,1	(ASCE 7-16 Table C3-1, Suspended Steel Channel Sytem)
Plafon	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1, Acoustical fiberboard)
Total	1,44	

**Tabel 2 Beban Mati per m<sup>2</sup> pada atap**

Jenis Beban	Berat kN/m <sup>2</sup>	Diambil dari
Lapisan Waterproofing	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1 Waterproofing Membranes Liquid Applied)
Ducting Mekanikal	0,19	(ASCE 7-16 Table C3-1, Mechanical Duct Allowance)
Penggantung Langit-langit	0,1	(ASCE 7-16 Table C3-1, Suspended Steel Channel Sytem)
Plafon	0,05	(ASCE 7-16 Table C3-1, Acoustical fiberboard)
Total	0,39	

3) Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi merupakan daerah yang mayoritas memiliki jenis tanah yang berupa tanah sedang. Selain itu hasil penyelidikan tanah pada lokasi struktur bangunan yang dibangun juga memiliki kriteria yang sama dengan peraturan SNI 1726:2019 yang menunjukkan bahwa klasifikasi kelas situs yaitu SD (Tanah Sedang).

4) Menentukan besarnya parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (SDS) dan pada perioda 1 detik (SD1). Berikut nilai SS (parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek) dan S1 (parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1.0 detik) yang terdapat pada laporan *Site Specific Response Spectrum*. Berdasarkan laporan yang ada, untuk daerah Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi didapatkan nilai  $S_s = 0.7 - 0.8$  g dan  $S_1 = 0.3 - 0.4$  g, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan peta zonasi gempa untuk Kota Deltamas, Kabupaten Bekasi diperoleh:  $S_s = 0.705$  g dan  $S_1 = 0.3$  g.

5) Menentukan Koefisien Situs (*Site Coefficient*),  $F_a$  dan  $F_v$ , a) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.2 dengan  $S_s = 0,705$  g untuk site class E didapatkan besar

koefisien situs,  $F_a = 1.2$ , b) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.2 dengan  $S_1 = 0,3$  g untuk site class E didapatkan besar koefisien situs,  $F_v = 2,0$ .

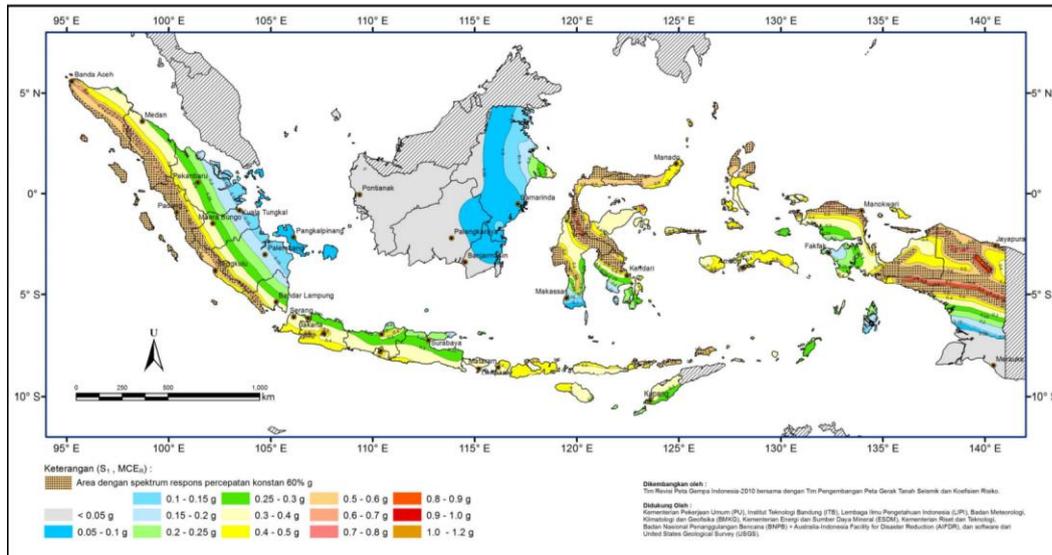
6) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.3 menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respons Acceleration* pada perioda 0,2 detik  $SDS = 2/3 (F_a.SS) = 2/3 (1,2 \times 0,705) = 0,564$ .

7) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.3 menentukan *Maximum Considered Earthquake (MCE) Spectral Respons Acceleration* pada perioda 1 detik  $SD1 = 2/3 (F_v.S1) = 2/3 (2,0 \times 0,3) = 0,4$

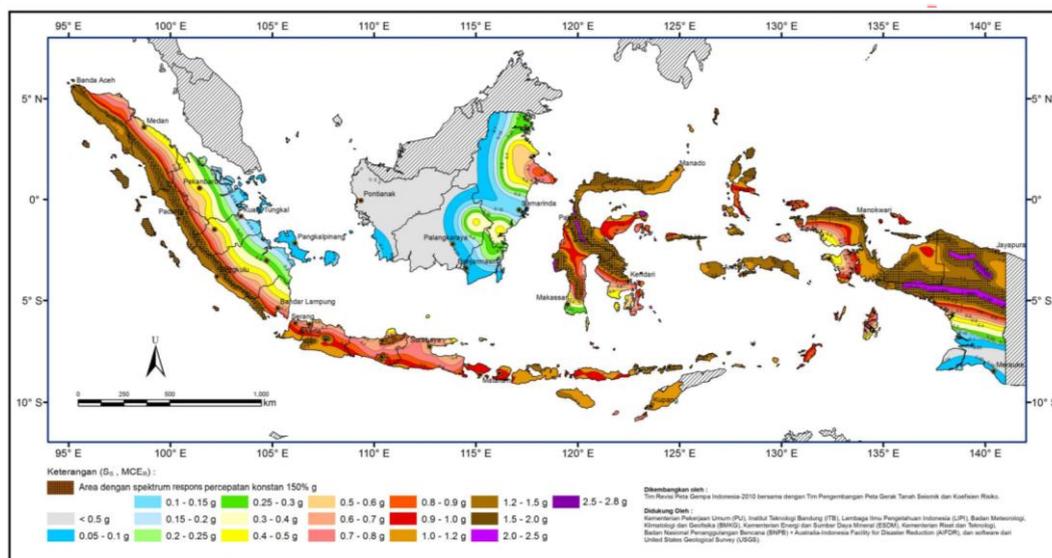
8) Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 6.5 menentukan Kategori Desain Seismik KDS (*Seismic Design Category*). Pada situs kelas D dengan  $SDS = 0,564$  g dan  $SD1 = 0,4$  g diperoleh Kategori Desain Seismik (KDS) adalah D (risiko gempa tinggi).

9) Adapun grafik spektrum respons gempa desain untuk wilayah gempa Kota Deltamas sebagaimana pada Gambar 4.

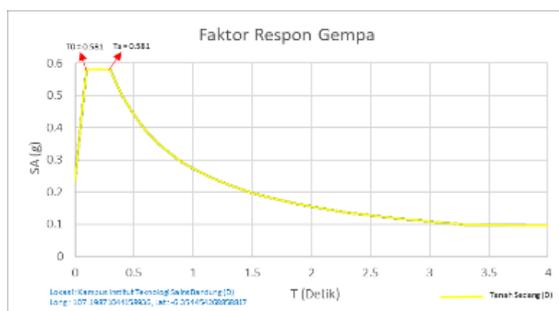
**Evaluasi Kinerja Struktur.** Berdasarkan SNI 1726-2019 disebutkan bahwa menentukan penyimpangan lantai desain yang menjadi perhitungan, perbedaan dengan pusat dan tingkatan paling atas. Simpangan yang



Gambar 2  $S_1$  (MCE<sub>R</sub>), Kelas Situs SB



Gambar 3  $S_s$  (MCE<sub>R</sub>), Kelas Situs SB



Gambar 4 Kurva Faktor Respon Gempa

dilakukan pemeriksaan dengan penjaminan stabilnya struktur, pencegahan yang menjadi elemen dan kenyamanannya. Besarnya penilaian tingkatan yang diperbolehkan ditentukan berdasarkan SNI

1726-2019. Gambar 5 merupakan grafik simpangan pada arah x dan arah y.

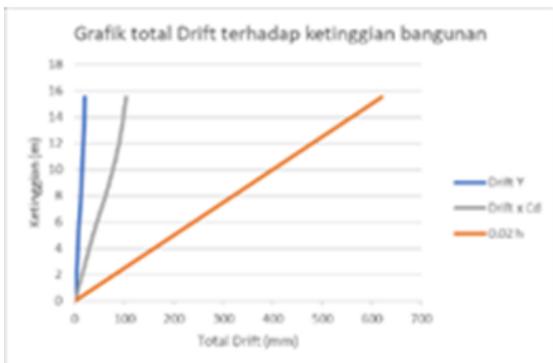
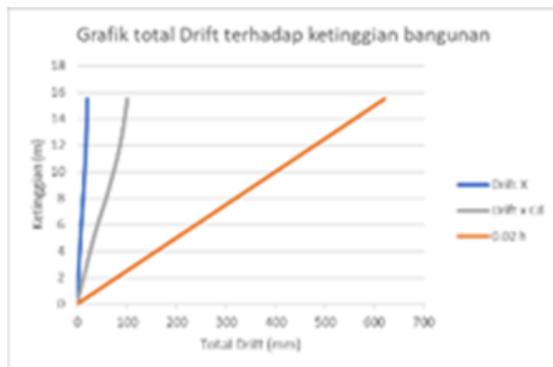
Dapat dilihat pada Gambar 5 grafik di atas besarnya perpindahan horizontal akibat beban gempa arah x adalah 20.16 mm, arah y adalah 20.71 mm Sedangkan perpindahan horizontal maksimum setelah dikalikan nilai Cd sebesar 5 adalah 100.82 mm arah x dan 103.55 mm arah y. Nilai tersebut masih di bawah batas maksimum 2% sebesar 403.28 mm untuk arah x, 414.2 mm untuk arah y, dan masih memenuhi syarat kinerja karena nilai simpangan yang terjadi berada di bawah nilai batas yang ditentukan SNI 1726-2019.

Tabel 3 Distribusi Sendi Plastis *Pushover* X-X

Step	Monitored Displ (mm)	Base Force (kN)	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1652	0	0	0	0	1652	0	0	0	1652
1	32.758	2056.0074	1650	2	0	0	0	1652	0	0	0	1652
2	138.456	8583.4012	1604	47	1	0	0	1649	2	0	1	1652
3	138.486	8419.8651	1600	50	0	2	0	1648	2	0	2	1652
4	150.181	9082.0718	1588	62	0	2	0	1642	8	0	2	1652

Tabel 4 Distribusi Sendi Plastis *Pushover* Y-Y

Step	Monitored Displ (mm)	Base Force (kN)	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	1652	0	0	0	0	1652	0	0	0	1652
1	7.121	641.5145	1650	2	0	0	0	1652	0	0	0	1652
2	84.018	7320.1426	1624	27	1	0	0	1651	0	0	1	1652
3	84.048	6837.941	1624	27	0	1	0	1651	0	0	1	1652
4	108.599	8460.7089	1620	31	0	1	0	1651	0	0	1	1652



Gambar 5 Grafik Total Drift Terhadap Ketinggian Bangunan (Arah X dan Y)

**Hasil Analisis ETABS.** Setelah mendesain model dan memasukkan fungsi spektral desain pada program maka didapatkan nilai kurva kapasitas yaitu hasil dari gaya geser dan perpindahan yang dilakukan sampai bangunan yang direncanakan runtuh. Pada pemodelan ini diberikan beban dorong yang hingga simpangan maksimum menurut SNI 2847:2019 yaitu sebesar 2% dari tinggi total bangunan. Distribusi sendi plastis pada pemodelan gedung Institut Teknologi Sains Bandung diperlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 3 untuk analisis *pushover* bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 2056.0074$  kN, kemudian proses berjalan sampai terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 dengan  $V = 8583.4012$  kN, dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.

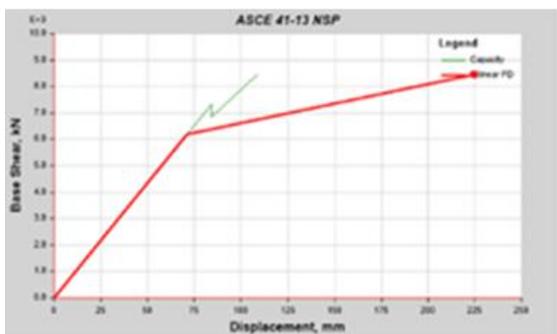
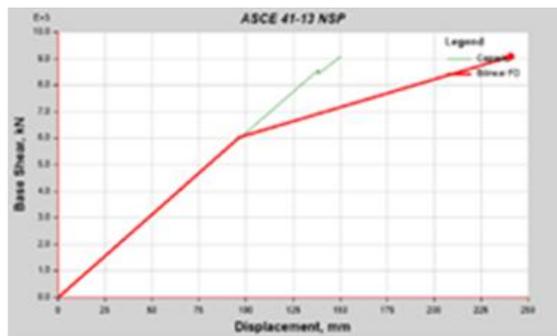
Dan dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 4 untuk analisis *pushover* bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 641.5145$  kN, kemudian proses berjalan sampai terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 dengan  $V = 7320.1426$  kN, dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.

**Data Kurva Pushover.** Dari data yang diperoleh hasil dari pemodelan, didapatkan data gaya geser dan perpindahan untuk kondisi ultimit dan kondisi leleh pada Gambar 6.

**Jalur Evakuasi.** Berdasarkan hasil pengamatan, gedung utama ITSB telah memiliki beberapa sarana penyelamatan bahaya kebakaran dan gempa, seperti tangga, *exhaust* dan tanda penunjuk ke luar. Gedung utama ITSB memiliki tiga akses masuk di tiga sisi bangunan, yaitu di sisi depan, serta sisi samping kiri dan kanan yang mempunyai 4 lantai, dimana difungsikan untuk kegiatan umum untuk kepentingan kampus maupun kegiatan non kampus. Akan tetapi gedung ITSB hanya mempunyai satu akses tangga yang cukup

Tabel 5 Kondisi Tangga yang Tersedia di Gedung ITSB

Komponen	Kondisi Eksisting	Standar SNI	Kesesuaian
Tangga	Berbentuk U	Tangga yang digunakan sebagai suatu komponen jalan ke luar, harus sesuai dengan persyaratan umum pada bagian/pasal 4 dan persyaratan khusus SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Lebar = 180 cm	110 cm ( 44 inci), 90 cm ( 36 inci ), apabila total beban hunian dari semua lantai-lantai yang dilayani oleh jalur tangga kurang dari 50. SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Tinggi anak tangga = 18 cm	18 cm ( 7 inci ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Keedalaman anak tangga = 30 cm	28 cm ( 11 inci ). SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Ketinggian Bordes = 2.8 m	3,7 m ( 12 ft ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Tinggi railing = 80 cm	75 cm ( 30 inci ) SNI 03 – 1746 - 2000	Memenuhi Standar
	Jarak antar tangga = 29 m - 33 m	Jarak pencapaian ke tangga kebakaran dari setiap titik dalam ruang efektif, maksimal 25 m SNI 03 – 1746 - 2000	Belum memenuhi standar
	Jarak pencapaian terjauh ke tangga = 33 m	Jarak pencapaian ke tangga kebakaran dari setiap titik dalam ruang efektif, maksimal 25 m SNI 03 – 1746 - 2000	Belum memenuhi standar



Gambar 6 Target Perpindahan Struktur Arah X dan Y

terbuka sehingga jika terjadi gempa atau kebakaran, tangga tersebut bisa membahayakan penggunaanya.

Jalur evakuasi berupa tangga, secara umum telah memenuhi standar terutama dari segi estetika, dimensi, dan bentuknya. Hanya saja jarak pencapaian terjauh belum memenuhi standar yang ditetapkan dan hanya ada satu tangga untuk akses jalur

evakuasi, hal ini dapat menghambat kelancaran proses evakuasi dan menyebabkan penumpukan di area tangga untuk jalur evakuasi.

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada model bangunan gedung utama ITSB dengan menggunakan ETABS dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dari mekanisme sebaran sendi plastis, dilihat dari Tabel 3 dan Tabel 4 untuk analisis *pushover* arah X bahwa pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 2056.0074$  kN, dan arah Y pelelehan pertama kali terjadi pada area tangga yaitu pada step ke 1 dengan  $V = 641.5145$  kN. Terbentuknya kondisi ultimit pada step ke 2 arah X dengan  $V = 8583.4012$  kN, dan step ke 2 arah Y dengan  $V = 7320.1426$  kN dimana pada area tangga sudah mengalami kegagalan artinya tidak dapat bekerja lagi.
- 2) Sendi plastis terjadi di area bordes tangga.
- 3) Ditinjau dari sisi ketahanan struktur dan keandalan gedung, terdapat 4 poin yang harus diperhatikan, yaitu: a) Harus adanya perkuatan pada balok bordes tangga, didaerah terjadinya sendi plastis. b) Harus

dibuat tangga darurat baru, sesuai dengan peraturan atau standar yang berlaku. c) Harus diperkuat dengan perkuatan struktur sesuai standar, di area yang terdapat sendi plastisnya. d) Kekuatan struktur pada area tangga baru tersebut merupakan bagian yang harus mengalami sendi plastis yang terakhir kali, karena tangga tersebut merupakan jalur evakuasi untuk penyelamatan sehingga cukup waktu bagi pengguna gedung untuk menyelamatkan diri.

## 5 SARAN

Setelah penelitian ini selesai maka ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan menggunakan perhitungan NLTHA (*Non Linier Time History Analysis*) atau dinamis nonlinier, karena hasil analisa *pushover* masih berupa pendekatan, bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan pembebanan analisa *pushover* adalah statik monotonik.
- 2) Jika memungkinkan dibuat tangga darurat. Atau pilihan yang lainnya, dibuat seluncuran *dock slide* untuk evakuasi saat terjadinya kebakaran atau gempa.
- 3) Jalur evakuasi tangga gedung utama ITSB secara umum telah memenuhi standar dari segi estetika, dimensi, dan bentuknya. Hanya saja jarak pencapaian terjauh belum memenuhi standar peraturan SNI 03-1746-2000.
- 4) Menurut PMK Nomor 48 Tahun 2016 tentang keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran, bangunan gedung bertingkat lebih dari 3 lantai, harus memiliki tangga darurat atau penyelamatan minimal 2 (dua) buah dan mempunyai kekuatan struktur yang memadai, sehingga cukup waktu untuk para pengguna gedung tersebut untuk menyelamatkan diri dari kemungkinan terjadinya gempa, kebakaran dan lain-lain yang bisa menyebabkan korban jiwa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Marwanto, A. S. Budi and A. Supriyadi, "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Pushover Terhadap Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Hotel Di Wilayah Surakarta)," *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, pp. 484-491, 2014.
- [2] BSN, SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, 2020.
- [3] BSN, SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, 2019.
- [4] Kementerian PUPR, "RSA Cipta Karya," 2021. [Online]. Available: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>. [Accessed 26 Juni 2020].
- [5] S. Farlainti and Sapta, "Perhitungan Respon Spektra Percepatan Gempa Kota Palembang Berdasarkan SNI 1726:2019 sebagai Revisi Terhadap SNI 1726:2012," *Teknika*, vol. 6, no. 2, pp. 167-177, 2020.