

KAJIAN PERILAKU GEDUNG AKIBAT PENGARUH KOMBINASI PEMBEBANAN GEMPA DARI SNI 1726-2012 KE SNI 1726-2019 (Studi Literatur)

**Darlina Tanjung, M. Husni Malik Hasibuan,
Marwan Lubis, Cindy Ayu Ning Ratih**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

darlinatanjung@yahoo.com; husnihasibuan@ft.uisu.ac.id;

marwanlubis@gmail.com; dyningratz@gmail.com

Abstrak

Perilaku gedung adalah suatusifat yang dimiliki oleh sebuahstruktur bangunan akibat dilakukan pembebanan serta analisis terhadap gaya yang direncanakan sesuai keinginan pengguna bangunan tersebut. Perubahan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 dari edisi 2012 ke 2019 membawa dampak signifikan terhadap perhitungan beban gempa dalam desain struktur. Dalam konteks ini, metode static ekivalen menjadi salah satu pendekatan yang digunakan untuk menentukan gaya geser dasar (base shear) dan pergeseran antar lantai (story drift) pada bangunan SNI 1726-2019 memperkenalkan parameter baru dan revisi terhadap nilai-nilai yang ada, yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa. Penelitian ini membahas perbandingan antara kedua edisi SNI, dengan fokus pada perubahan dalam perhitungan beban gempa, serta implikasinya terhadap desain struktural. Setelah dilakukan kajian perilaku gedung dengan tujuan utamapenelitian, makadiperoleh nilai selisih persentase akibat pengaruh penggunaan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2019 lebih besar yaitu sebesar 30,235% dibandingkan dengan pengaruh penggunaan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan SNI 1726-2019 dapat menghasilkan nilai gaya gese rdasar yang lebih baik dan memperkecil risiko kerusakan pada bangunan saat terjadi gempa.

Kata Kunci : *Perilaku Gedung, Perubahan SNI,SNI 1726-2012, SNI 1726-2019, Beban Gempa*

I. PENDAHULUAN

Perilaku gedung harus dicermati dengan sangat baik agar terhindar dari kemungkinan kegagalan struktur akibat ketidak-mampuan gedung menahan beban gempa yang bekerja terhadapnya. Agar perilaku gedung terhadap gempa diketahui, dalam prosedur analisis yang digunakan harus mempertimbangkan ketidak-pastian dalam pembebanan dan ketahanan serta beban gempa yang bekerja pada dasarnya memperhitungkan arah yang saling tegak lurus terhadap denah gedung dimana umumnya sejajar portal.

Pembebanan gempa pada penelitian awal menggunakan pengaruh beban gempa, E , yang diambil sesuai kombinasi pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung dan Non Gedung. Kombinasi beban gempa yang tercantum pada pasal 7.4.2.3 antara lain $(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$ dan $(0,9 - 0,2 S_{DS})D + 1,0E$. Dengan ditetapkannya SNI 1726-2019 sebagai revisi dari SNI 1726-2012 adalah perubahan kombinasi pembebanan gempa yang akan membebani struktur gedung. Maka kombinasi beban gempa untuk struktur yang harus digunakan sesuai pada pasal 4.2.2.3 antara lain $1,2D + E_v + E_h + L$ dan $0,9D - E_v + E_h$.

Akibat pengaruh perubahan kombinasi pembebanan gempa yang ditetapkan dalam analisis perilaku gedung struktur portal menggunakan software SAP 2000 v.14, maka dari kedua analisis yang telah dilaksanakan, diperoleh hasil antara lain

gaya lateral ekivalen, gaya geser dasar (*Base Shear*), perpindahan tingkat (*Story Displacement*), serta simpangan antar lantai tingkat (*Story Drift*), guna melihat persentase perbandingan yang terjadi pada perilaku gedung yang telah direncanakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perilaku Gedung

Perilaku gedung adalah suatu sifat yang dimiliki oleh sebuah struktur bangunan akibat dilakukan pembebanan serta analisis terhadap gaya yang direncanakan sesuai keinginan pengguna bangunan tersebut. Untuk mengetahui perilaku yang ada pada gedung maka dilakukan penelitian terhadapnya, dimana kajian tersebut mengacu pada perbandingan penggunaan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 akibat pengaruh kombinasi pembebanan gempa. Apabila suatu gedung menerima beban gempa pada tingkatan atau kondisi tertentu akan terjadi sendi plastis (*hinge*) pada balok gedung tersebut, dimana sendi plastis merupakan bentuk ketidak mampuan elemen struktur balok dan kolom menahan gaya dalam.

2.2 Dasar Perencanaan Gedung Tahan Gempa

Menurut SNI 2847, standar ini digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung. Standar ini memberikan persyaratan minimum untuk desain dan konstruksi

komponen struktur beton semua struktur yang dibangun menurut persyaratan peraturan bangunan gedung secara umum yang diadopsi secara legal dimana standar ini menentukan standar minimum yang sangat diterima untuk bahan, desain, dan praktek konstruksi serta memuat evaluasi kekuatan struktur beton yang sudah dibangun.

Menurut SNI 1726, standar ini digunakan untuk menentukan kategori desain seismik dimana klasifikasi yang ditetapkan untuk struktur berdasarkan pada kategori huniannya dan keparahan pergerakan tanah gempa rencana di lokasi, sebagaimana didefinisikan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal. Sistem penahan gaya gempa (*Seismic design-resisting system*) merupakan bagian struktur yang didesain untuk menahan gaya gempa rencana yang disyaratkan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal menggunakan ketentuan yang sesuai dan kombinasi beban.

Menurut SNI 1727, standar ini digunakan untuk member pilihan pemberian pembebanan yang mungkin akan membebani struktur gedung yang akan kita rancang, baik berupa beban yang bersifat permanen maupun beban yang sifatnya hanya sementara dan berpindah-pindah serta mampu memprediksi seberapa besar kemungkinan beban maksimum yang akan dipikul struktur gedung, Hal ini merupakan tahapan yang sangat penting dalam merencanakan gedung, dikarenakan apabila prediksi yang diperhitungkan melenceng dari yang diharapkan maka kemungkinan terburuk yang akan terjadi adalah kegagalan struktur saat gedung menopang beban dan menyebabkan keruntuhan dan menimbulkan korban jiwa.

Dari berbagai hasil penelitian gempa besar yang terjadi menyebabkan percepatan batuan dasar lebih besar dari pada percepatan batuan dasar yang telah ditetapkan dalam petagempa SNI 1726-2002, oleh sebab itu SNI tersebut sudah tidak sesuai lagi diaplikasikan sebagai pedoman perencanaan struktur gempa. (Rohman, K. R., 2014).

2.3 Mutu Bahan

Mutu bahan dalam kajian ini berupa mutu beton dan baja (jatulangan) yang akan digunakan pada saat merencanakan sebuah struktur gedung. Bila mutu bahan yang akan dipakai adalah rendah, maka akan membutuhkan volume yang lebih besar dibandingkan jika digunakan mutu bahan yang lebih tinggi untuk dapat memenuhi kriteria kekuatan struktur, hal tersebut harus dipertimbangkan guna menghasilkan yang memenuhi aspek struktur yang ditentukan serta ekonomis dan aman. (Pamungkas & Harianti, 2009).

2.4 Sistem Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur merupakan faktor penting dalam merencanakan sebuah gedung. Desain pembebanan diambil sesuai SNI 1727:2020 Pedoman Pembebanan Minimum

untuk Perancangan Bangunan Rumah dan Gedung untuk beban hidup serta ASCE 7-10 *Minimum Design Load for Buildings and Other Struktur* untuk beban mati.

Untuk beban gempa desain diambil sesuai dengan Perbandingan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 dibagi menjadi beberapa bagian, sebagai berikut :

1. Beban mati (*DL*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, dinding partisi tetap, *finishing*, dan komponen arsitektural struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan system pengangkut material. Beberapa beban mati yang direncanakan akan membebani gedung adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri struktur berupa beban material beton bertulang : $23,6 \text{ kN/m}^3$.
- Beban mati tambahan per m^2 lantai diambil sebesar $1,44 \text{ kN/m}^2$ dan untuk lantai atap $0,39 \text{ kN/m}^2$.
- Beban dinding per m^2 diambil sebesar $2,3 \text{ kN/m}^2$.

2. Beban hidup (*LL*)

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak membebani struktur secara permanen. Beban hidup minimum yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang direncanakan. (Prasetyo, 2018).

Beban hidup yang digunakan tidak dikalikan dengan faktor reduksi, oleh sebab itu besarnya beban hidup yang bekerja pada struktur gedung dapat dilihat pada (a) dan (b) sebagai berikut :

- Beban hidup lantai 1-5 diambil sebesar $2,64 \text{ kN/m}^2$.
- Beban hidup lantai 6 (atap) diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$.

3. Beban gempa (*E*)

Beban gempa merupakan semua beban static ekuivalen yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa yang terjadi. Penentuan beban yang dipergunakan baik berdasarkan SNI 1726-2012 maupun SNI 1726-2019 telah ditetapkan untuk pengaruh beban gempa (*E*).

Untuk nilai redundansi diambil sebesar, $\rho = 1,3$ yang telah tercantum dalam pasal 7.3.4.2 SNI 1726-2019.

Hastono, K. B., dan Syamsudin, R. (2018) telah melakukan analisis perbandingan antara SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012 sebuah struktur gedung beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada daerah gempa tinggi agar dapat menghasilkan

mekanisme plastis yang terjadi di daerah sendi plastis.

2.5 Perbandingan Kombinasi Pembebanan Gempa

Pada kajian ini dilakukan perbandingan terhadap penggunaan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban gempa pada struktur bangunan gedung dan nongedung yang harus didesain menggunakan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang telah dirangkum.

a. Berdasarkan SNI 1726-2012

Berdasarkan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik yang tercantum pada pasal 7.4.2.3 dalam SNI 1726-2012, maka struktur gedung yang direncanakan diharapkan sedemikian mampu hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1. $1,2D + 1,0E + L$
2. $0,9D + 1,0E$

Sehingga kombinasi pembebanan akibat pengaruh beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 diperoleh nilai yang akan di *input* ke dalam aplikasi Sap 2000 adalah kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

• COMB1

- (a) : $1,2D + 1,0E_x + L$
 - (b) : $1,2D + 1,0(E_h + E_v)_x + 1,0L$
 - (c) : $1,2D + 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_x + 1,0L$
 - (d) : $(1,2 + 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_x + 1,0L$
- Maka, COMB1 = $aD + 1,3Q_{Ex} + 1,0L$

• COMB2

- (a) : $1,2D + 1,0E_y + L$
 - (b) : $1,2D + 1,0(E_h + E_v)_y + 1,0L$
 - (c) : $1,2D + 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_y + 1,0L$
 - (d) : $(1,2 + 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_y + 1,0L$
- Maka, COMB2 = $aD + 1,3Q_{Ey} + 1,0L$

• COMB3

- (a) : $0,9D + 1,0E_x$
 - (b) : $0,9D + 1,0(E_h - E_v)_x$
 - (c) : $0,9D + 1,0((\rho * Q_E) - (0,2 * S_{DS} * D))_x$
 - (d) : $(0,9 - 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_x$
- Maka, COMB3 = $bD + 1,3.Q_{Ex}$

• COMB4

- (a) : $0,9D + 1,0E_y$
- (b) : $0,9D + 1,0(E_h - E_v)_y$
- (c) : $0,9D + 1,0((\rho * Q_E) - (0,2 * S_{DS} * D))_y$
- (d) : $(0,9 - 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_y$

Maka, COMB4 = $bD + 1,3.Q_{Ey}$

- ENVELOPE : Pada kombinasi envelope terdiri dari semua kombinasi diantaranya adalah COMB1, COMB2, COMB3, dan COMB4 yang dimana pada aplikasi akan dipilih kombinasi

pembebanan terbesar yang akan membebani struktur gedung secara otomatis.

b. Berdasarkan SNI 1726-2019

Berdasarkan kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik yang tercantum pada pasal 4.2.2.3 dalam SNI 1726-2019, maka struktur gedung yang direncanakan diharapkan sedemikian mampu hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-bebanter faktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1. $1,2D + E_v + E_h + L$
2. $0,9D - E_v + E_h$

Sehingga kombinasi pembebanan akibat pengaruh beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 diperoleh nilai *input* kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

• COMB1

- (a) : $1,2D + 1,0(E_h + E_v)_x + 1,0L$
 - (b) : $1,2D + 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_x + 1,0L$
 - (c) : $(1,2 + 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_x + 1,0L$
- Maka, COMB1 = $aD + 1,3Q_{Ex} + 1,0L$

• COMB2

- (a) : $1,2D + 1,0(E_h + E_v)_y + 1,0L$
 - (b) : $1,2D + 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_y + 1,0L$
 - (c) : $(1,2 + 0,2 * S_{DS})D + 1,0(1,3Q_E)_y + 1,0L$
- Maka, COMB2 = $aD + 1,3Q_{Ey} + 1,0L$

• COMB3

- (a) : $0,9D - 1,0(E_h - E_v)_x$
 - (b) : $0,9D - 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_x$
 - (c) : $(0,9 + 0,2 * S_{DS})D - 1,0(1,3Q_E)_x$
- Maka, COMB3 = $bD - 1,3.Q_{Ex}$

• COMB4

- (a) : $0,9D - 1,0(E_h + E_v)_y$
 - (b) : $0,9D - 1,0((\rho * Q_E) + (0,2 * S_{DS} * D))_y$
 - (c) : $(0,9 + 0,2 * S_{DS})D - 1,0(1,3Q_E)_y$
- Maka, COMB4 = $bD - 1,3.Q_{Ey}$

- ENVELOPE : Pada kombinasi envelope terdiri dari semua kombinasi diantaranya adalah COMB1, COMB2, COMB3, dan COMB4 yang dimana pada aplikasi akan dipilih kombinasi pembebanan terbesar yang akan membebani struktur gedung secara otomatis.

c. Gaya lateral static ekuivalen

Berdasarkan data-data yang akan direncanakan pada penelitian ini, maka dari tabel di atas diperoleh prosedur analisis yang diizinkan pada perencanaan gedung struktur 6 lantai pada kajian ini adalah analisa beban static ekuivalen. Beban static ekuivalen adalah suatu cara analisa static pendekatan struktur terhadap beban gempa, dimana diasumsikan bahwa beban statik horizontal yang bekerja pada struktur akibat transfer beban secara lateral akibat gempa tidak menimbulkan perubahan mencolok dalam perbandingan antara berat dan kekakuan struktur

pada tingkat-tingkat lainnya. Defleksi lateral akan menjadi semakin membesar akibat dari semakin tingginya sebuah gedung bangunan, oleh sebab itu diperlukan penyesuaian tipe serta gedung yang direncanakan. (Soelarso, dkk., 2016)

Proses analisis harus memenuhi persyaratan kompatibilitas (*Compatibility*) deformasi dan keseimbangan gaya. Aturan analisis bertujuan memperkirakan gaya dalam dan deformasi dari system struktur dan untuk memastikan terpenuhinya persyaratan kekuatan, kemampuan layan (*Serviceability*), dan stabilitas di dalam kajian ini.

Faizah R. (2015) membandingkan hasil analisis dinamik *time history* dan analisis static ekuivalen, kesimpulan yang diperoleh menunjukkan bahwa gaya geser dasar static ekuivalen nilainya kurang dari gaya geser dasar dinamik *time stoty* akibat mode total sedangkan akibat mode ke 1 saja maka gaya geser dasar static ekuivalen cenderung lebih besar.

Pada perhitungan gaya geser gempa secara static ekuivalen ini memiliki tahap-tahap penyelesaian yaitu:

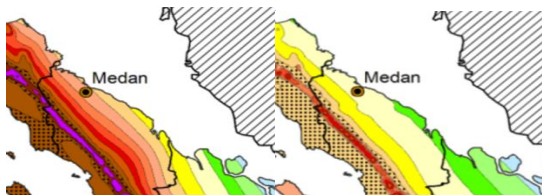
- Menentukan kategori risiko bangunan berdasarkan fungsi bangunan.
- Menentukan klasifikasi situs berdasarkan kondisi tanah pada wilayah
- Menentukan desain percepatan spektra untuk perioda terpendek dari kelas situs
- Menentukan kategori desain seismik terhadap jenis struktur bangunan
- Menentukan desain respon spektrum untuk memperoleh perioda dasar (T_a)
- Menentukan gaya geser dasar berdasarkan berat total struktur dan koefisien respon seismik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Data Lokasi

Data umum bangunan adalah sebagai berikut :

- Nama Kota : Medan (P)
- Bujur / Longitude : 98.4020 Degrees
- Lintang / Latitude : 3.3450 Degrees
- Kelas Situs (KDS) : D (Tanah Sedang)



Gambar 1. Denah Lokasi Gedung Berdasarkan Parameter Gerak Tanah

Sumber : SNI 1726-2019

3.2 Data Teknis

Data-data yang diperoleh berdasarkan hasil asumsi yang diambil dan telah memenuhi syarat

standar minimum yang berlaku saat ini. Dalam perhitungan analisis ini dilampirkan beberapa data teknis dalam analisis antara lain :

- Mutu beton :
 - Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
 - Elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c} = 25742,96$ MPa
 - Rasio Poisson, $\mu = 0,2$
- Mutu baja :
 - Mutu tulangan longitudinal (f_{yt}) = 410 Mpa
 - Mutu tulangan transversal (f_{yt}) = 290 Mpa
 - Elastisitas beton = 200.000 MPa
 - Rasio Poisson, $\mu = 0,3$
- Jenis bangunan :
 - Jumlah tingkat, $n = 6$ Lantai
 - Fungsi bangunan = Gedung Kampus
 - Sistem Rangka = SRPMK
- Dimensi Gedung :
 - Tinggi tiap lantai, $h = 4,0$ m @ 6 = 24 m
 - Panjang denah, $p = 4,0$ m @ 3 = 12 m
 - Lebar denah, $l = 5,0$ m @ 5 = 25 m
 - Kolom = 0,60 m x 0,60 m
 - Balok untuk lantai = 0,30 m x 0,50 m
 - Balok untuk atap = 0,25 m x 0,40 m
 - Tebal pelat lantai = 0,130 m
 - Tebal pelat atap = 0,125 m

Spektrum respon desain dan kategori desain seismik

Spektrum respon desain gempa yang dimana data yang direncanakan pada penelitian ini diperoleh menggunakan website resmi yang dikeluarkan oleh *puskim.pu.go.id* diantaranya seperti yang ditampilkan sebagai berikut :

- Desain spektra Indonesia 2011:
 - Nama Kota = Medan (P)
 - Bujur / Longitude = 98.4020 Degrees
 - Lintang / Latitude = 3.3450 Degrees
 - Kelas Situs = SD - Tanah Sedang
- b) Desain spektra Indonesia 2019
 - Nama Kota : Medan (P)
 - Bujur / Longitude : 98.4020 Degrees
 - Lintang / Latitude : 3.3450 Degrees
 - Kelas Situs : SD - Tanah Sedang

3.3 Data Beban

Data beban yang ditinjauakan membebani bangunan struktur gedung kampus 6 lantai adalah sebagai berikut :

1. Beban mati (D)

Beban mati yaitu beban sendiri struktur gedung dengan jenis beton bertulang sebesar 24 kN/m^3 dan beban tambahan pada lantai dan atap sebesar $1,44 \text{ kN/m}^2$ dan $0,39 \text{ kN/m}^2$, serta beban dinding sebesar $2,3 \text{ kN/m}^2$.

2. Beban hidup (L)

Beban hidup yaitu beban yang bekerja secara tidak permanen pada struktur gedung yang

direncanakan pada lantai dan atap sebesar 2,64 kN/m² dan 0,96 kN/m².

- Kategori Desain Seismik=Tanah Sedang (D)
- Koefisien modifikasi respon, R = 8
- Faktor pembesaran defleksi, Cd = 5,5
- Menentukan nilai koefisien, C_i = 0,9
- Koefisien C_u = 1,4

3.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik yang digunakan adalah sebagai berikut :

(1) Berdasarkan SNI 1726-2012

Kombinasi pembebanan pada struktur antara lain :

COMB1 = 1,32044D + 1,3Q_{Ex} + 1,0L

COMB2 = 1,32044D + 1,3Q_{Ey} + 1,0L

COMB3 = 0,77956D + 1,3Q_{Ex}

COMB4 = 0,77956D + 1,3Q_{Ey}

ENVELOPE= COMB1 s/d COMB4

(2) Berdasarkan SNI 1726-2019

Kombinasi pembebanan pada struktur antara lain :

COMB1 = 1,33698D + 1,3Q_{Ex} + 1,0L

COMB2 = 1,33698D + 1,3Q_{Ey} + 1,0L

COMB3 = 1,03698D - 1,3Q_{Ex}

COMB4 = 1,03698D - 1,3Q_{Ey}

ENVELOPE= COMB1 s/d COMB4

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gaya Gempa Statik Ekuivalen dan Gaya Geser Dasar

Langkah-langkah analisis gaya gempa static ekuivalen dapat dilihat :

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan beban seismik efektif, W

Lantai	Tinggi, h _x (m)	Beban mati, WD _x (kN)	Beban hidup, WL _x (kN)	Beban Total 1,0WD _x + 0,3WL _x (kN)
6	24	2.082,34	288,00	2.168,74
5	20	3.295,32	792,00	3.5332,92
4	16	3.295,32	792,00	3.5332,92
3	12	3.295,32	792,00	3.5332,92
2	8	3.295,32	792,00	3.5332,92
1	4	3.443,91	792,00	3.681,51
ΣW _i =				19.981,92

Sumber : Hasil Rekapitulasi Analysis Aplikasi Excel

4.2 Faktor distribusi vertikal, C_{vx}

Langkah-langkah perhitungan distribusi vertikal, C_{vx} adalah sebagai berikut :

- Menghitung periode fundamental :

$$T_{min} = C_r \cdot h_n^x$$

$$= (0,0466 \times 24^{0,9})$$

$$= 0,814 \text{ detik}$$

$$T_{maks} = C_u \cdot T_{min}$$

$$= (1,4 \times 0,814 \text{ detik}) = 1,139 \text{ detik}$$

Syarat :

$$T_{min} = 0,814 \text{det} \leq T = 0,896278 \text{det} \leq T_{maks} = 1,139 \text{det}$$

Sehingga diambil nilai periode fundamental sebesar T = 0,896278 detik

- Menentukan faktor k

Berdasarkan hasil diperoleh : 0,5 < T < 2,5 maka dilakukan hitungan interpolasi linear :

$$y = y_1 + \left(y_2 - y_1 \times \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right)$$

$$k = 1 + \left((2 - 1) \times \frac{(0,896278 - 0,5)}{(2,5 - 0,5)} \right)$$

$$= 1,198$$

Sehingga untuk menghitung faktor distribusi vertikal, C_{vx} :

$$C_{vx} = \frac{w_x \times h^k}{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i^k}$$

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan factor distribusi vertikal, C_{vx}

n	h _x (m)	h _x ^k (m)	W _x (kN)	W _i = W _x .h _x ^k (kN.m)	C _{vx} (kN.m)
6	24	45,05	2.168,74	97.699,69	0,2147
5	20	36,21	3.532,92	127.922,84	0,2812
4	16	27,71	3.532,92	97.912,11	0,2152
3	12	19,63	3.532,92	69.365,33	0,1525
2	8	12,08	3.532,92	42.673,73	0,0938
1	4	5,26	3.681,51	19.381,08	0,0426
Σ			19.981,92	454.954,79	1,00

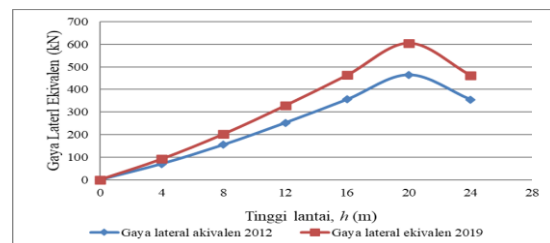
Sumber: Hasil Rekapitulasi Analysis Aplikasi Excel

A. Perbandingan gaya lateral ekuivalen, F_x(SNI 1726-2012 & SNI 1726-2019)

Berdasarkan perolehan dari hasil analisis pada Tabel 2 dan Tabel 3, maka dilakukan perbandingan terhadap gaya lateral ekuivalen, F_x, akibat pengaruh kombinasi pembebanan gempa dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019 dapat dilihat pada dengan menghitung selisih sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi perbandingan gaya lateral ekuivalen, F_x dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019

h _x (m)	F _x SNI 1726-2012 (kN)	F _x SNI 1726-2019 (kN)	Persentase(%)
24	354,84	462,13	30,23464
20	464,61	605,09	30,23464
16	355,62	463,14	30,23464
12	251,93	328,11	30,23464
8	154,99	201,85	30,23464
4	70,39	91,67	30,23464



Gambar 2. Perbandingan gaya lateral ekuivalen berdasarkan analisis pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Dari Tabel 3 serta Gambar 2 dapat dilihat akibat yang ditimbulkan dari perhitungan gaya

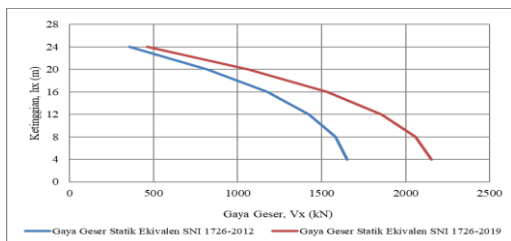
lateral ekuivalen pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, dimana serangkaian gaya lateral yang didistribusikan ke pusat massa tiap lantai yang direncanakan menunjukkan perbandingan sebesar 30,23464% berdasarkan analisis pada SNI 1726-2019 memiliki persentase lebih tinggi dan cukup signifikan terhadap perbandingan gaya lateral ekuivalen berdasarkan analisis pada SNI 1726-2019. Hal tersebut membuktikan bahwasannya perencanaan gedung yang di simulasikan menggunakan Aplikasi SAP 2000 menggunakan kombinasi pembebanan gempa dari SNI 1726-2019 menunjukkan semakin besar beban statik horizontal yang bekerja pada struktur yang ditransfer untuk mewakili efek terhadap gerakan tanah akibat gempa.

B. Perbandingan distribusi gaya geser

Setelah diperoleh hasil perhitungan gaya lateral ekuivalen akibat kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada masing masing struktur gedung yang direncanakan pada sebagai berikut :

Tabel 0. Perbandingan distribusi gaya geser dasar (Base Shear) berdasarkan static ekuivalen SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

no	hx (m)	Vx SNI 1726-2012 (kN)	Vx SNI 1726-2019 (kN)	Persentase (%)
6	24	354,84	462,13	30,23464
5	20	819,46	1.067,22	30,23464
4	16	1.175,08	1.530,36	30,23464
3	12	1.427,01	1.858,46	30,23464
2	8	1.582,00	2.060,31	30,23464
1	4	1.652,39	2.151,99	30,23464



Gambar 3. Perbandingan distribusi gaya geser berdasarkan analisis static ekuivalen pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Dari Tabel 4 serta Gambar 3 dapat dilihat akibat yang ditimbulkan dari perhitungan gaya geser dasar seismic pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang ditentukan sesuai muka joint dari ujung atas dan ujung bawah dari tinggi bersih pier dinding yang ditinjau menunjukkan perbandingan sebesar 30,23464% berdasarkan analisis pada SNI 1726-2019 memiliki persentase lebih tinggi dan cukup signifikan terhadap perbandingan gaya geser dasar berdasarkan analisis pada SNI 1726-2012.

Hal tersebut membuktikan bahwasannya perencanaan gedung yang disimulasikan

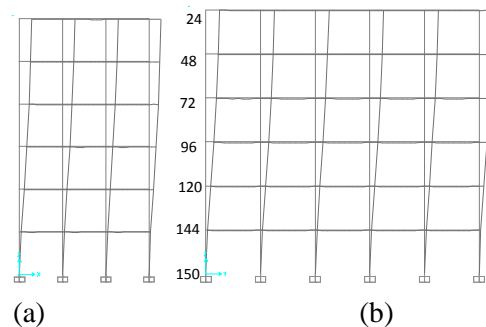
menggunakan Aplikasi SAP 2000 menggunakan kombinasi pembebanan gempa dari SNI 1726-2019 memiliki desain bangunan dengan kekakuan lateral relative elemen pemikul vertical dan diafragma yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan kombinasi pembebanan gempa dari SNI 1726-2012 dengan kata lain semakin besar *base shear* suatu struktur bangunan maka akan semakin tinggi tingkat kekakuannya.

4.3 Perpindahan tingkat (Story Displacement)

Perpindahan tingkat (*story displacement*) ditinjau berdasarkan perpindahan maksimum yang terjadi di tingkat *x* (mm). Perpindahan tingkat yang terjadi akibat penggunaan perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang diperoleh merupakan hasil *output* setelah dilakukannya analisis berbasis *software* SAP 2000 v.14 sebagai berikut :

Berdasarkan SNI 1726-2012

Perpindahan tingkat yang terjadi akibat penggunaan perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 0. Deformed Shape akibat kombinasi ENVELOPE berdasarkan SNI 1726-2012 dimana (a) arah-x = 12 m dan (b) arah-y = 25 m

Sumber : Hasil Output Run Analysis Software SAP 2000

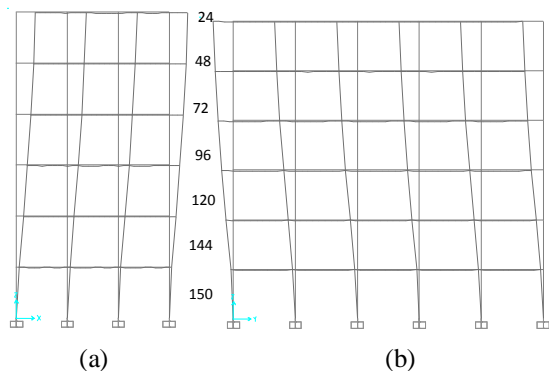
Perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan mengalami pembesaran dimana akan dihitung sebagai berikut :

$$\delta_i = \frac{C_d \delta_{ei}}{I_e}$$

dimana : $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$

Berdasarkan SNI 1726-2019

Perpindahan tingkat yang terjadi akibat penggunaan perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Deformed Shape akibat kombinasi ENVELOPE berdasarkan SNI 1726-2019 dimana (a) arah-x = 12 m dan (b) arah-y = 25 m

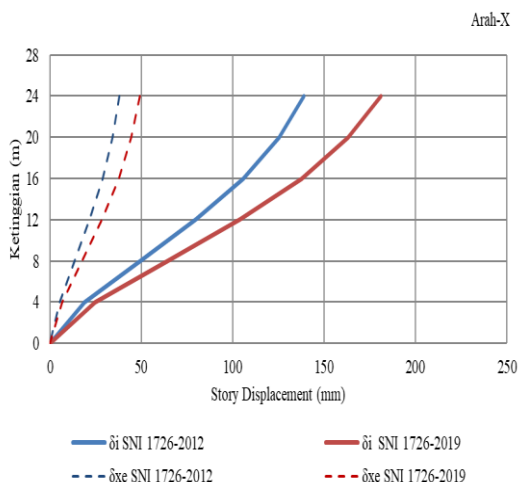
Perpindahan elastik yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan mengalami pembesaran dimana akan dihitung sebagai berikut :

$$\delta_i = \frac{C_d \delta_{ei}}{I_e}$$

dimana : $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$

4.4 Perbandingan perpindahan tingkat

Setelah diperoleh hasil output berupa perpindahan elastic yang dihitung akibat pengaruh perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada masing masing struktur gedung yang direncanakan telah dicantumkan pada Tabel 5, serta dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada Gambar 6 untuk arah-X dan Gambar 7 untuk arah-Y sebagai berikut :

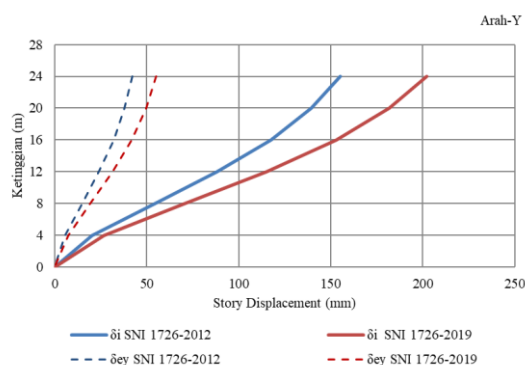


Gambar 6. Perbandingan Story Displacement arah-X akibat kombinasi ENVELOPE berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Tabel 5. Rekapitulasi perbandingan perpindahan elastik arah-Y dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019

Joint	Arah- Y					
	2012	2019	Selisih (%)	2012	2019	Selisih (%)
	δ_{ye} (mm)	δ_{ye} (mm)		δ_{iy} (mm)	δ_{iy} (mm)	
24	42,3535	55,15894	30,23468	155,30	202,25	30,23468
48	38,07	49,58038	30,23468	139,59	181,79	30,23468
72	32,0536	41,74496	30,23468	117,53	153,06	30,23468
96	24,0836	31,36514	30,23468	88,31	115,01	30,23468
120	14,8002	19,27505	30,23468	54,27	70,68	30,23468
144	5,57866	7,265348	30,23467	20,46	26,64	30,23467
150	0	0	-	0,00	0,00	-

Sumber : Hasil Output Run Analysis Software SAP 2000



Gambar 7. Perbandingan Story Displacement arah-Y akibat kombinasi ENVELOPE berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019

Sumber : Hasil Rekapitulasi Analysis pada Aplikasi Excel

Dari Tabel 5 serta Gambar 6 dan Gambar 7 hal tersebut membuktikan bahwasannya hasil perencanaan gedung yang didesain baik arah-X maupun arah-Y akibat kombinasi ENVELOPE berdasarkan SNI 1726-2019 menyebabkan simpangan yang besar yang terjadi akibat base shaer dari gempa statik ekuivalen. Semakin besar nilai base shear akibat efek gempa maka struktur bangunan yang direncanakan akan semakin kaku, namun apabila nilainya semakin kecil maka semakin besar pula nilai simpangannya.

4.5 Simpangan antar lantai tingkat

Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan antar lantai tingkat yang terjadi akibat penggunaan perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yang diperoleh merupakan hasil output setelah dilakukannya analisis berbasis software SAP 2000 v.14 yang telah dirangkum.

4.6 Simpangan antar lantai tingkat berdasarkan SNI 1726-2012

Simpangan antar tingkat desain (Δ) berdasarkan kinerja batas layan pada SNI 1726-2012 telah dihitung pada Tabel 6 dan Tabel 7 dimana hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\Delta = \frac{(\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d}{I_e} \leq \Delta_a$$

dimana : $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$

dengan : $\Delta_a = 0,001 \cdot h_{sx}$

Tabel 6. Simpangan antar lantai tingkat arah-X berdasarkan SNI 1726-2012

Joint	h_{sx} (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δx (mm)	\leq	Δa (ijin) (mm)	Kontrol
24	4.000	37,89	138,95	13,75	\leq	40,00	Aman
48	4.000	34,15	125,20	19,50	\leq	40,00	Aman
72	4.000	28,83	105,70	25,90	\leq	40,00	Aman
96	4.000	21,76	79,80	30,26	\leq	40,00	Aman
120	4.000	13,51	49,55	30,45	\leq	40,00	Aman
144	4.000	5,21	19,10	19,10	\leq	40,00	Aman
150	0	0	0	0,00	\leq	0,00	Aman

Sumber : Hasil Rekapitulasi Analisis Aplikasi Excel

Tabel 7. Simpangan antar lantai tingkat arah-Y berdasarkan SNI 1726-2012

Joint	h_{sx} (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δy (mm)	\leq	Δa (ijin) (mm)	Kontrol
24	4.000	42,35	155,30	15,71	\leq	40,00	Aman
48	4.000	38,07	139,59	22,06	\leq	40,00	Aman
72	4.000	32,05	117,53	29,22	\leq	40,00	Aman
96	4.000	24,08	88,31	34,04	\leq	40,00	Aman
120	4.000	14,80	54,27	33,81	\leq	40,00	Aman
144	4.000	5,58	20,46	20,46	\leq	40,00	Aman
150	0	0,00	0,00	0,00	\leq	0,00	Aman

Sumber : Hasil Rekapitulasi Analisis Aplikasi Excel

4.7 Simpangan antar lantai tingkat berdasarkan SNI 1726-2019

Simpangan antar tingkat desain (Δ) berdasarkan kinerja batas layan pada SNI 1726-2019 telah dihitung dan ditampilkan Tabel 4.15 hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\Delta = \frac{(\delta_{e2} - \delta_{e1})C_d}{I_e} \leq \Delta_a$$

dimana : $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,5$

dengan : $\Delta_a = 0,001 \cdot h_{sx}$

Tabel 8. Simpangan antar lantai tingkat arah-X berdasarkan SNI 1726-2019

Joint	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δx (mm)	\leq	Δa (ijin) (mm)	Kontrol
24	49,35	180,96	17,91	\leq	40,00	Aman
48	44,47	163,05	25,39	\leq	40,00	Aman
72	37,54	137,66	33,73	\leq	40,00	Aman
96	28,34	103,93	39,40	\leq	40,00	Aman
120	17,60	64,53	39,66	\leq	40,00	Aman
144	6,78	24,87	24,87	\leq	40,00	Aman
150	0,00	0,00	0,00	\leq	0,00	Aman

Tabel 9. Simpangan antar lantai tingkat arah-Y berdasarkan SNI 1726-2019

Joint	δ_{ye} (mm)	Δy (mm)	Δy (mm)	\leq	Δa (ijin) (mm)	Kontrol
24	55,16	202,25	20,45	\leq	40,00	Aman
48	49,58	181,79	28,73	\leq	40,00	Aman
72	41,74	153,06	38,06	\leq	40,00	Aman
96	31,37	115,01	44,33	\leq	40,00	Berbahaya
120	19,28	70,68	44,04	\leq	40,00	Berbahaya
144	7,27	26,64	26,64	\leq	40,00	Aman
150	0,00	0,00	0,00	\leq	0,00	Aman

Sumber: Hasil Rekapitulasi Analisis Aplikasi Excel

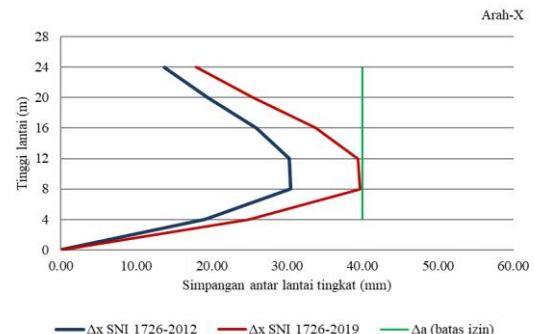
4.8 Perbandingan simpangan antar lantai tingkat

Setelah diperoleh hasil *output* berupa simpangan antar lantai tingkat yang dihitung akibat pengaruh perubahan kombinasi pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 pada masing-masing struktur gedung yang direncanakan telah dicantumkan pada Tabel 20, dan dapat dilihat perbandingan yang terjadi pada Gambar 8 untuk arah-X .

Tabel 20. Rekapitulasi perbandingan simpangan antar lantai tingkat arah-X dan arah-Y dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019

Joint	Arah- X			Arah- Y		
	2012 Δx (mm)	2019 Δx (mm)	Persentase (%)	2012 Δy (mm)	2019 Δy (mm)	Persentase (%)
24	13,75	17,91	30,23470	15,71	20,45	30,23467
48	19,50	25,39	30,23468	22,06	28,73	30,23467
72	25,90	33,73	30,23467	29,22	38,06	30,23468
96	30,26	39,40	30,23468	34,04	44,33	30,23468
120	30,45	39,66	30,23468	33,81	44,04	30,23468
144	19,10	24,87	30,23468	20,46	26,64	30,23467
150	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-

Sumber: Hasil Rekapitulasi Analisis Aplikasi Excel



Gambar 8. Perbandingan simpangan antar lantai tingkat pada arah-X dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019

Dari Tabel 20 serta Gambar 8 dapat dilihat hasil simpangan desain gedung yang direncanakan akibat kombinasi ENVELOPE dari perhitungan simpangan antar lantai tingkat pada arah-X maupun arah-Y dari SNI 1726-2012 relatif cukup aman terhadap simpangan ijin, sesuai muka joint dari ujung atas dan ujung bawah dari tinggi bersih pier dinding yang ditinjau menunjukkan perbandingan

sebesar 30,23468% hasil simpangan desain gedung yang direncanakan akibat kombinasi ENVELOPE dari perhitungan simpangan antar lantai tingkat pada arah-X maupun arah-Y. Namun tidak untuk Hasil perhitungan pada Tabel 20 serta Gambar 8 yang menunjukkan berbahaya pada beberapa muka joint yang ditinjau. Hal tersebut membuktikan bahwasannya simpangan yang besar yang terjadi akibat *base shaer* dari gempa statik ekuivalen. Semakin besar nilai *base shear* akibat efek gempa maka struktur bangunan yang direncanakan akan semakin kaku, namun apa bila nilainya semakin kecil maka semakin besar pula nilai simpangannya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kajian perilaku gedung akibat pengaruh perubahan kombinasi pembebanan gempa dari SNI 1726-2012 ke SNI 1726-2019 dimana tujuan utama pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Gaya lateral ekuivalen hasil analisis kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2019 lebih besar 30,23464% dibanding penggunaan kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2012,
2. Gaya geser dasar (*base shear*) hasil analisis kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2019 lebih besar 30,23464% dibanding penggunaan kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2012, semakin besar nilai gaya geser dasar maka semakin tinggi kekakuan suatu bangunan yang direncanakan.
3. Perpindahan tingkat (*story displacemenet*) hasil analisis kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2019 lebih besar 30,234681% dibanding penggunaan kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2012, serta
4. Simpangan antar lantai tingkat (*story drift*) hasil analisis kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2019 lebih besar 30,234703% dibanding penggunaan kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2012, semakin besar nilai simpangan antar lantai tingkat suatu bangunan akibat semakin kecilnya gaya geser dasar yang ditimbulkan maka semakin berbahaya hal tersebut.

5.2 Saran

Setelah peneliti melakukan kajian pada penelitian ini, maka peneliti menyarankan untuk para peneliti yang akan datang diharapkan, sebagai berikut:

1. Lebih selektif dalam menentukan dimensi penampang struktur gedung agar tercipta perencanaan gedung yang lebih efektif dan ekonomis.
2. Lebih selektif dalam menentukan penggunaan data beban mati dan beban hidup yang akan membebanani struktur tiap lantai gedung sesuai struktur gedung yang direncanakan.

3. Lebih teliti dalam melakukan analisis berbasis *software* dalam menginput data dimensi dan beban untuk menghindari kesalahan hasil *output* yang diperoleh dari *run analisis* pada aplikasi SP 2000 v.14.0.0.
4. Analisis struktur gedung khususnya bagi penggunaan kombinasi pembebanan gempa SNI 1726-2019 setelah dilihat dari hasil yang penelididapatkan sebelumnya, disarankan untuk menggunakan struktur dinding geser agar gedung yang direncanakan mampu menahan gaya gempa untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SNI 1726, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [2]. SNI 1726, 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struk Bangunan Gedung dan Nongedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [3]. SNI 1727, 2018. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [4]. SNI 2847, 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunana Gedung dan Penjelesaian*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [5]. Pamungkas, A., Harianti, E. 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 Dengan Bantuan Program EtabsVersi 9.0.7*. Surabaya : ITS Press, 1(4).
- [6]. Prasetyo, A. 2018. *Analisis Perencanaan Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan Peraturan SNI 2847:2013, SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012*. Jurnal Teknik Sipil, LOGIKA, 22(3): 34-50.
- [7]. Rohman, K. R. 2014. *Studi Perbandingan Analisis Gaya Gempa Terhadap Struktur Gedung Di Kota Madiun Berdasarkan SNI 1726 2002 dan RSNI 201X*. Jurnal Teknik Sipil, Agri-tek, 15 (1): 46-55.
- [8]. Soelarso, Baehaki, Novtikania, F. 2016. *Analisa Perbandingan Simpangan Horisontal (Drift) Pada Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan Pengaku Lateral (Bracing) Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012*. Jurnal Teknik Sipil, Fondasi, 5(1): 24-33.
- [9]. Faizah, R. 2015. *Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History Pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta*. Jurnal Teknik Sipil, Semesta Teknika, 18 (2): 190-199