

Pengaruh Peningkatan Percepatan Gempa Periode Pendek (Ss) Terhadap Struktur Bertingkat di Daerah Istimewa Yogyakarta

Margeritha A. Morib^{1*}, Hendri Yuliman Telaumbanua¹, Fendianus Gulo¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta, INDONESIA

*E-mail: margerithaagustina@ukrimuniversity.ac.id

ABSTRAK

Besarnya beban gempa yang diterima struktur dipengaruhi oleh parameter percepatan puncak batuan dasar periode 0,2 detik (S_s) dan periode 1 detik (S_1). Penelitian ini mengukur pengaruh peningkatan S_s sebesar 0,1g terhadap struktur bangunan 10 dan 30 lantai di DIY. Parameter yang diukur meliputi frekuensi, *story drift*, pengaruh p-delta, kekakuan dan indeks stabilitas pada 7 kecamatan di DIY menggunakan analisis gempa statik ekuivalen dan analisis ragam spektrum respon. Frekuensi gedung 10 dan 30 lantai pada 3 mode pertama kurang dari 1 Hz. Frekuensi tersebut di bawah frekuensi percepatan puncak gempa DIY yang terukur pada rentang 1,25 Hz sampai 7,14 Hz pada 7 kecamatan yang diteliti. Frekuensi getaran gempa di DIY lebih berbahaya untuk gedung berlantai rendah sampai menengah atau gedung dengan periode (T) kurang dari 0,8 detik. Peningkatan S_s sebesar 0,1g pada gedung 10 lantai mengakibatkan distribusi gaya gempa meningkat 3,99% pada arah x dan y, *story drift* meningkat sebesar 4,12% pada arah x dan y, p-delta meningkat sebesar 0,46% pada arah x dan 0,28% pada arah y, struktur kaku, setiap lantai adalah portal bergoyang. Sedangkan pada gedung 30 lantai mengakibatkan distribusi gaya gempa meningkat 6,24% pada arah x dan y, *story drift* meningkat sebesar 6,27% pada arah x dan 5,31% pada arah y, p-delta meningkat sebesar 0,15% pada arah x dan 0,55% pada arah y, struktur kaku, setiap lantai adalah portal bergoyang.

Kata kunci: frekuensi, *story drift*, p-delta, kekakuan, indeks stabilitas.

ABSTRACT

The magnitude of the earthquake load received by the structure is influenced by the peak acceleration parameters of the bedrock for a period of 0.2 seconds (S_s) and a period of 1 second (S_1). This research measures the effect of increasing S_s by 0.1g on 10 and 30 storey building structures in DIY. The parameters measured include frequency, story drift, p-delta influence, stiffness and stability index in 7 sub-districts in DIY using equivalent static earthquake analysis and response spectrum variance analysis. The frequency of 10 and 30 storey buildings in the first 3 modes is less than 1 Hz. This frequency is below the peak acceleration frequency of the DIY earthquake which was measured in the range of 1.25 Hz to 7.14 Hz in the 7 sub-districts studied. The frequency of earthquake vibrations in DIY is more dangerous for low to medium storey buildings or buildings with a period (T) of less than 0.8 seconds. An increase in S_s of 0.1g in a 10-story building resulted in the earthquake force distribution increasing by 3.99% in the x and y directions, story drift increasing by 4.12% in the x and y directions, p-delta increasing by 0.46% in the x and 0.28% in y direction, rigid structure, each floor is a swaying portal. Meanwhile, in a 30-story building, the earthquake force distribution increased by 6.24% in the x and y directions, story drift increased by 6.27% in the x direction and 5.31% in the y direction, p-delta increased by 0.15% in the x direction and 0.55% in y direction, rigid structure, each floor is a swaying portal.

Key words: frequency, story drift, p-delta, stiffness, stability index.

1. PENDAHULUAN

Banyaknya orang yang berkunjung atau menetap di DIY membuat pembangunan bangunan tinggi di DIY meningkat. Dari 72 kecamatan yang ditinjau di DIY dipilih 7 kecamatan yang dijadikan lokasi penelitian yang dipilih berdasarkan peningkatan S_s sebesar 0,1g yaitu Kecamatan Samigaluh, Kecamatan Pakem, Kecamatan Gamping, Kecamatan Pakualaman, Kecamatan Saptosari, Kecamatan Pleret dan Kecamatan Patuk. Berdasarkan FEMA P-154 (2015), didapatkan bahwa wilayah seismik di DIY cukup tinggi sampai sangat tinggi. Berdasarkan hasil ini, peneliti ingin melihat bagaimana respon struktur bangunan 10 dan 30 lantai terhadap peningkatan S_s sebesar 0,1g. Perilaku yang

diteliti meliputi frekuensi, *story drift*, p-delta, kekakuan dan indeks stabilitas. Analisis statik ekuivalen serta analisis ragam respon spektrum dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v21.

DIY telah beberapa kali mengalami bencana gempa. Salah satunya yang terjadi di Kabupaten Bantul pada tanggal 27 Mei 2006, dimana terjadi gempa bumi tektonik dengan kekuatan 5,9 SR pada kedalaman 33 km. Posisi episentrum terletak pada koordinat 8,26° LS dan 110,33° BT, atau pada jarak 38 km selatan Yogyakarta yang menelan lebih dari 6000 korban jiwa serta penduduk luka berat dan luka ringan. Bukan hanya itu banyak bangunan yang bernilai triliunan rupiah runtuh akibat beban gempa (Indah dkk, 2008).

Perkembangan pembangunan gedung tinggi di Yogyakarta sudah meningkat dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Sifat gedung tinggi yang cenderung fleksibel membuat gedung harus dianalisis untuk bisa menahan gaya gempa. Bangunan tinggi yang tidak mampu menahan gaya gempa akan mengakibatkan deformasi yang besar pada struktur yang mengakibatkan struktur rusak dan tidak mampu lagi menahan beban-beban yang bekerja padanya sehingga akan mengalami keruntuhan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Frekuensi

Frekuensi dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

dengan:

- T : Waktu getar alami struktur (detik)
- ω : frekuensi natural/alami (radians/detik)
- f : frekuensi getaran (Hz)
- k : kekakuan
- m : massa

2.2. Story Drift

Persamaan yang digunakan untuk menghitung story drift dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (4)$$

dengan:

- C_d : faktor pembesaran simpangan lateral
- δ_{xe} : simpangan di tingkat-x yang disyaratkan, yang ditentukan dengan analisis elastik pada SAP2000 v21
- I_e : faktor keutamaan gempa

SNI 1726:2019 memberi batasan drift ijin yang diperbolehkan pada struktur yang dirumuskan pada persamaan berikut.

$$\frac{\Delta_a}{\rho} \quad (5)$$

dengan:

- Δ_a : Simpangan antar tingkat ijin
- ρ : faktor reduksi.

2.3. Efek P-delta

P-delta dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 yang dirumuskan pada persamaan berikut.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (6)$$

dengan:

- P_x : beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); faktor beban P_x individu tidak perlu melebihi 1,0;
- Δ : simpangan antar tingkat (mm)
- I_e : faktor keutamaan gempa
- V_x : gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x - 1 (kN)
- H_{sx} : tinggi tingkat di bawah tingkat x, (mm);
- C_d : faktor pembesaran defleksi

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (7)$$

dengan:

β : rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x ke tingkat x-1 diambil 1,0

2.4. Kekakuan

Kekakuan suatu tingkat struktur harus lebih besar dari 70% kekakuan lantai di atasnya atau 80% dari rata-rata kekakuan 3 lantai di atasnya (Tumilar, 2016).

$$K = \frac{V_i}{\delta_i} \quad (8)$$

dengan:

V_i : gaya geser lantai yang ditinjau

δ_i : perpindahan lantai yang ditinjau

2.5. Indeks Stabilitas

Indeks stabilitas dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 berikut.

$$Q = \frac{\sum P_u \cdot \Delta_0}{V_{us} l_c} \quad (9)$$

dengan:

$\sum P_u$: beban vertikal terfaktor total

Δ_0 : defleksi lateral relatif orde pertama

V_{us} : gaya geser tingkat horisontal pada tingkat yang ditinjau

l_c : tinggi kolom

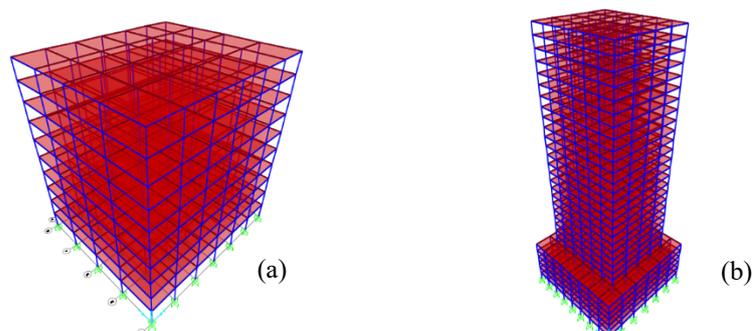
2.7. Deskripsi Gedung

Gedung yang digunakan dalam penelitian ini adalah gedung 10 dan 30 lantai yang berlokasi di 7 kecamatan di DIY. Data umum gedung 10 dan 30 lantai adalah sebagai berikut.

Fungsi Gedung	: Hotel
Lokasi	: 7 kecamatan di DIY
Sistem rangka	: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Kategori Desain Seismik (KDS)	: Tanah sedang (D)
Panjang gedung 10 lantai arah x	: 36 m
Panjang gedung 10 lantai arah y	: 32 m
Panjang gedung 30 lantai untuk podium arah x dan y	: 48 m
Panjang gedung 30 lantai untuk tower arah x	: 36 m
Panjang gedung 30 lantai untuk tower arah y	: 32 m
Tinggi antar lantai	: 4 m
Jarak antar kolom diarah x	: 6 m
Jarak antar kolom diarah y	: 8 m
Mutu beton (f'_c)	: 30 Mpa
Mutu baja tulangan utama (f_y)	: 420 Mpa
Mutu baja tulangan geser (f_y)	: 280 Mpa

2.8. Pemodelan Gedung

Pemodelan gedung dilakukan pada program SAP2000 v21. Peraturan yang digunakan untuk menghitung analisa struktur di SAP adalah ASCE 7-16 yang sama dengan SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020. Model 3D struktur disajikan pada gambar berikut.

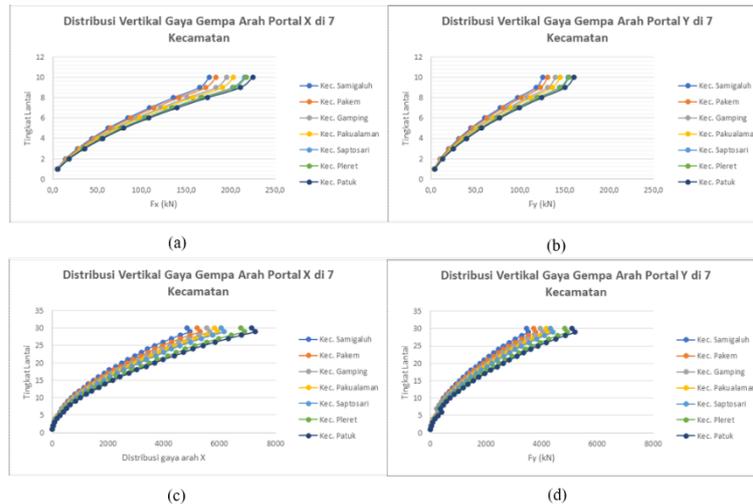


Gambar 1. Model 3D struktur gedung (a) 10 lantai, (b) 30 lantai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi Gaya Gempa

Distribusi gaya gempa merupakan cara mendistribusikan gaya gempa secara vertikal terhadap setiap tingkat bangunan. Distribusi ini biasanya akan menghasilkan diagram segitiga terbalik dimana, semakin tinggi tingkat bangunan maka akan semakin besar gaya yang diterima tingkat tersebut. Distribusi gaya gempa terhadap gedung 10 dan 30 lantai di 7 kecamatan yang diteliti disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 2. Distribusi gaya gempa di 7 kecamatan (a) gedung 10 lantai arah x; (b) gedung 10 lantai arah y; (c) gedung 30 lantai arah x; (d) gedung 30 lantai arah y.

Sumber: Hasil analisis

Dari Gambar 2 didapatkan bahwa semakin tinggi gedung semakin besar gaya gempa yang terjadi. Semakin besar parameter SS semakin besar pula gaya lateral gempa yang terjadi pada struktur bangunan, baik untuk gedung 10 dan 30 lantai. Peningkatan gaya lateral gempa untuk 7 kecamatan yang diteliti terhadap gedung 10 lantai yaitu 3,99% diarah x dan diarah y. Sedangkan untuk gedung 30 lantai meningkat sebesar 6,24% diarah x dan diarah y. Gaya lateral gempa terbesar terhadap gedung 10 dan 30 lantai berada pada Kecamatan Patuk.

3.2. Frekuensi

Periode dan frekuensi struktur gedung 10 dan 30 lantai disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Periode dan frekuensi

Mode	Gedung 10 lantai		Gedung 30 lantai	
	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)	Periode (detik)	Frekuensi (Hz)
1	2,513836	0,397798379	6,435923	0,155377866
2	2,243571	0,445718096	5,546931	0,180279879
3	2,221063	0,450234952	5,329274	0,187642820
4	0,820580	1,218650541	2,310232	0,432856967
5	0,736423	1,357914987	2,022733	0,494380660
6	0,732534	1,365124032	1,956438	0,511132988
7	0,461378	2,167420583	1,394255	0,717228702
8	0,418078	2,391895824	1,226578	0,815276434
9	0,416725	2,399665846	1,212340	0,824851142
10	0,301789	3,313568877	0,989716	1,010390480
11	0,277584	3,602518028	0,903502	1,106804548
12	0,273980	3,649898935	0,877914	1,139064139

Sumber: Hasil analisis

Frekuensi gedung 10 lantai berkisar 0,397798379 Hz - 3,649898935 Hz. Sedangkan untuk frekuensi gedung 30 lantai berkisar 0,155377866 Hz - 1,139064139 Hz. Semakin tinggi gedung semakin kecil frekuensi yang dihasilkan karena semakin tinggi gedung, selang waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu getaran penuh semakin panjang. Frekuensi gempa yang terjadi di 7 kecamatan yang diteliti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Periode dan frekuensi gempa

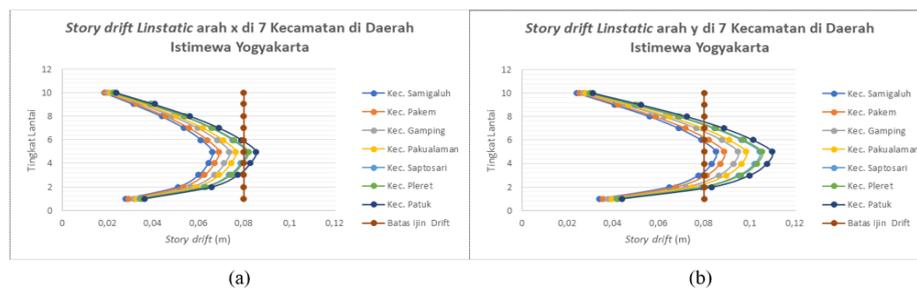
Kecamatan	Hasil RSA Kecamatan			
	Periode (detik)		Fekkuensi (Hz)	
	T ₀	T _s	F ₀	F _s
Samigaluh	0,16	0,8	6,25	1,25
Pakem	0,15	0,77	6,666667	1,298701299
Gamping	0,15	0,77	6,666667	1,298701299
Pakualaman	0,15	0,76	6,666667	1,315789474
Saptosari	0,15	0,77	6,666667	1,298701299
Pleret	0,14	0,71	7,142857	1,408450704
Patuk	0,14	0,7	7,142857	1,428571429

Sumber: Hasil analisis

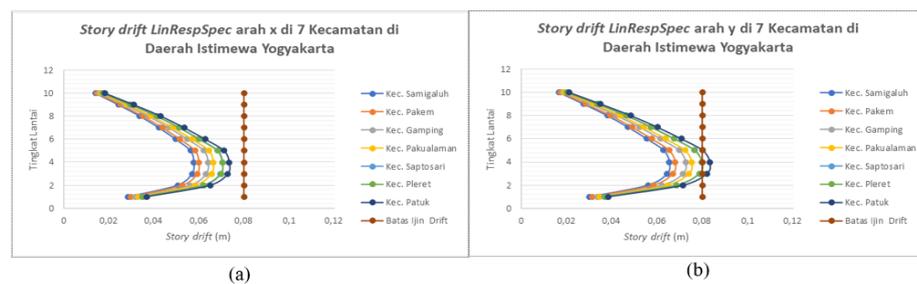
Frekuensi gempa di 7 kecamatan yang diteliti berkisar 1,25 Hz – 7,142857 Hz. Nilai frekuensi gempa lebih besar dibanding frekuensi gedung 10 dan 30 lantai. Jadi, untuk gedung yang diteliti lebih aman. Frekuensi gempa di 7 kecamatan yang diteliti lebih berbahaya terhadap bangunan bertingkat rendah sampai menengah (*low – medium rise building*) atau gedung dengan $T < 0,8$ detik.

3.3. Story Drift

Beban gempa yang digunakan dalam analisis *story drift* adalah beban gempa statik ekuivalen dan beban gempa ragam respon spektrum. Faktor redudansi (ρ) yang digunakan untuk struktur gedung 10 lantai adalah 1,0 sedangkan untuk gedung 30 lantai menggunakan 1,3 pada arah y karena terdapat ketidakberaturan struktur. Grafik perhitungan *story drift* gedung 10 lantai disajikan pada Gambar 3 dan 4.

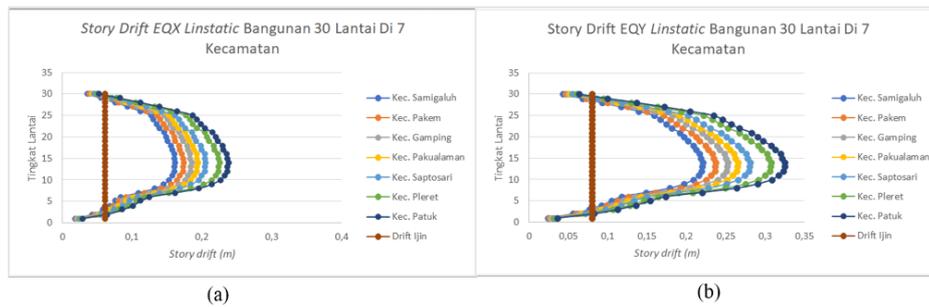


Gambar 3. *Story drift* gedung 10 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

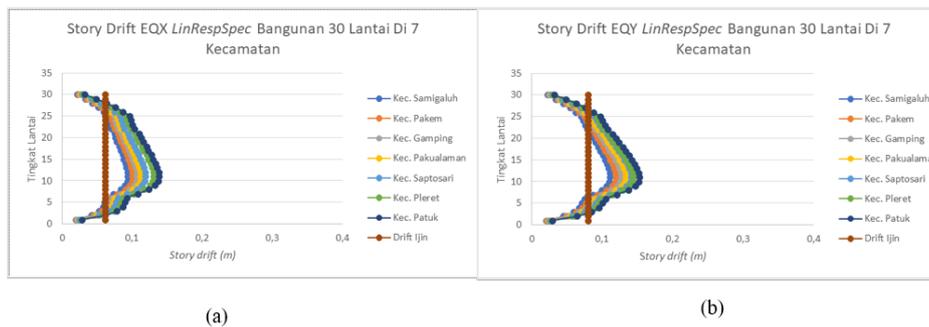


Gambar 4. *Story drift* gedung 10 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

Dari grafik *story drift* gedung 10 lantai didapatkan bahwa *story drift* yang dihasilkan beban gempa statik lebih besar dibanding beban gempa dinamik baik diarah x dan diarah y. Peningkatan S_s sebesar 0,1g mempengaruhi peningkatan *story drift* di setiap kecamatan dimana semakin besar S_s *story drift* yang dihasilkan semakin besar. *Story drift* meningkat dari lantai dasar sampai lantai 5 dan menurun dari lantai 6 ke lantai 10. Akibat beban gempa statik di arah sumbu y, *story drift* yang dihasilkan di 7 kecamatan melebihi *drift* ijin. Hal ini terjadi karena sumbu arah y lebih lemah dibanding arah sumbu x dimana jarak antar kolom arah sumbu y lebih jauh dibanding arah x. Maka perlu penambahan kekakuan pada struktur bangunan seperti penambahan balok anak. Peningkatan *story drift* di 7 kecamatan terhadap gedung 10 lantai yaitu hasil analisis beban gempa statik meningkat sebesar 4,12% diarah x dan y serta hasil analisis dinamik meningkat sebesar 4,01% diarah x dan 3,94% diarah y. Grafik perhitungan *story drift* gedung 30 lantai disajikan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. *Story drift* gedung 30 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

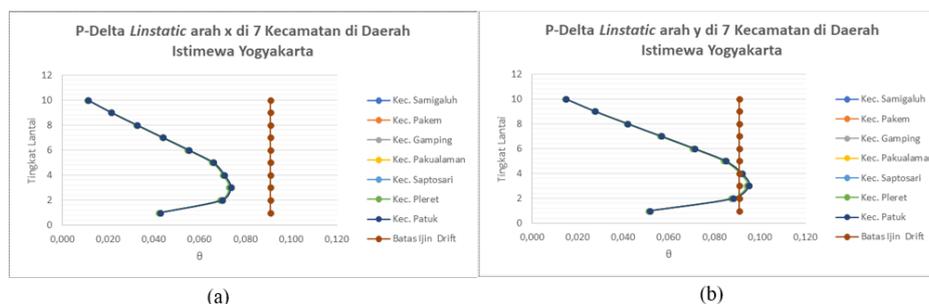


Gambar 6. *Story drift* gedung 30 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

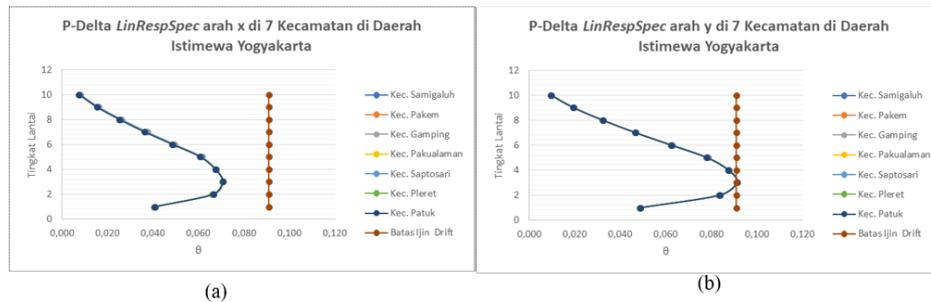
Dari grafik *story drift* gedung 30 lantai didapatkan bahwa *story drift* hasil analisis beban gempa statik lebih besar dibanding hasil analisis beban gempa dinamik ragam respon spektrum. *Story drift* di arah sumbu y lebih besar dibanding arah sumbu x baik hasil analisis beban gempa statik maupun hasil analisis dengan beban gempa dinamik. Hal ini terjadi karena arah sumbu y lebih lemah dibanding arah sumbu x, dimana jarak antar kolom diarah sumbu y lebih jauh dari pada arah x serta portal kolom yang menahan gaya lateral di arah sumbu y lebih sedikit dibanding arah sumbu x. *Story drift* hasil analisis statik dan dinamik di 7 kecamatan baik diarah x dan y melebihi drift ijin. Struktur tidak stabil dan perlu penambahan kekakuan seperti penambahan balok anak. *Story drift* yang dihasilkan meningkat dari lantai dasar sampai lantai 15 dan menurun dari lantai 16 sampai lantai 30. Peningkatan S_s sebesar 0,1g menghasilkan peningkatan *story drift*. Semakin besar S_s semakin besar *story drift* yang terjadi. Peningkatan *story drift* di 7 kecamatan yaitu hasil analisis beban gempa statik meningkat sebesar 6,25% diarah x dan y serta hasil analisis dengan beban gempa dinamik meningkat sebesar 6,27% diarah x dan 5,31% diarah y.

3.4. P-delta

Analisis yang digunakan dalam menghitung p-delta adalah analisis beban gempa statik dan dinamik ragam respon spektrum. Nilai β diambil secara konservatif = 1,0 untuk perhitungan θ maksimum. Grafik perhitungan p-delta gedung 10 lantai disajikan pada Gambar 15, 16, 17 dan 18.

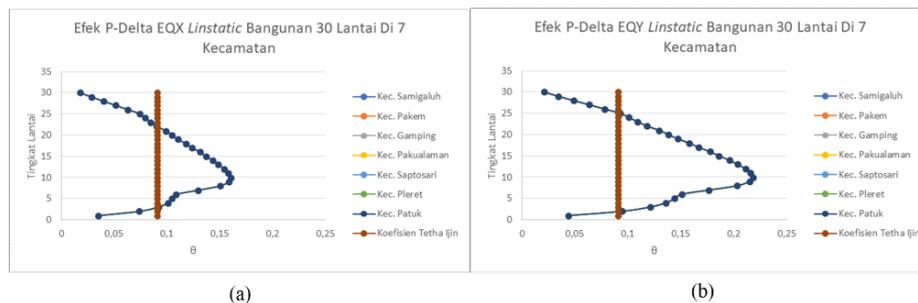


Gambar 7. P-delta gedung gedung 10 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

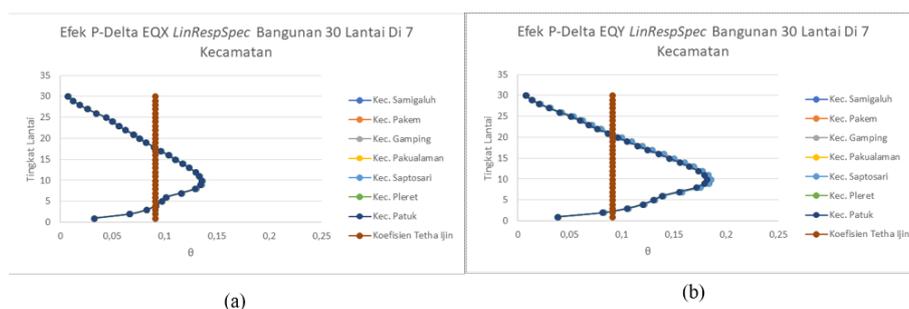


Gambar 8. P-delta gedung 10 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

Grafik p-delta gedung 10 lantai menunjukkan bahwa p-delta hasil analisis beban gempa statik lebih besar dibanding dengan hasil beban gempa dinamik baik diarah x dan diarah y. Efek p-delta meningkat dari lantai 1 sampai lantai 3 dan menurun dari lantai 4 sampai lantai 10. Efek p-delta di setiap kecamatan hampir sama sehingga garis grafik membentuk kurva yang sama. Nilai p-delta terbesar terdapat pada Kecamatan Patuk. Khusus arah sumbu y terdapat p-delta yang melebihi θ maksimum. Hal ini terjadi karena portal struktur sumbu arah y lebih lemah dibanding sumbu arah x. Peningkatan efek p-delta pada 7 kecamatan yaitu hasil analisis dengan beban gempa statik meningkat sebesar 0,31% diarah x dan y serta hasil analisis dengan beban gempa dinamik meningkat sebesar 0,46% diarah x dan 0,28% diarah y. Grafik p-delta gedung 30 lantai disajikan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. P-delta gedung gedung 30 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

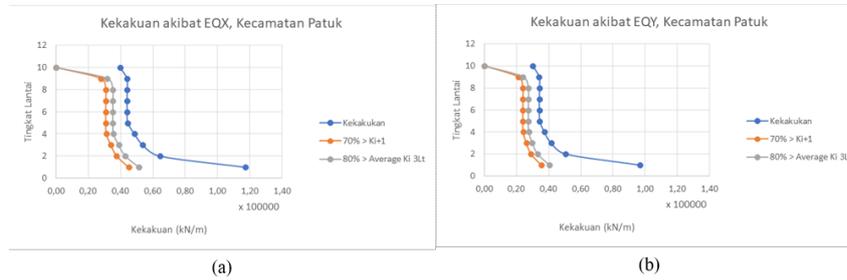


Gambar 10. P-delta gedung 30 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
 Sumber: Hasil analisis

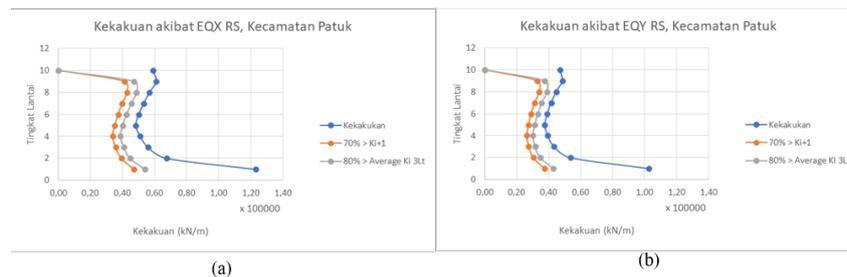
Grafik p-delta gedung 30 lantai menunjukkan bahwa nilai p-delta hasil analisis beban gempa statik lebih besar dibanding dengan hasil beban gempa dinamik baik diarah x dan diarah y. P-delta di 7 kecamatan melebihi θ maksimum baik hasil analisis beban gempa statik ekivalen maupun beban gempa dinamik diarah x dan y. Struktur terlalu fleksibel dan perlu penambahan kekakuan struktur. P-delta meningkat dari lantai dasar ke lantai 10 dan menurun dari lantai 11 ke lantai 30. P-delta meningkat setiap peningkatan S_s sebesar 0,1g. Peningkatan p-delta di 7 kecamatan yaitu hasil analisis dengan beban gempa statik meningkat sebesar 0,003% diarah x dan 0,002% diarah y serta hasil analisis dengan beban gempa dinamik meningkat sebesar 0,15% diarah x dan 0,55% diarah y. Peningkatan S_s kurang dari 1% sehingga kurva yang dihasilkan hampir sama untuk setiap kecamatan. Efek p-delta terbesar rata-rata berada pada Kecamatan Patuk dan hasil analisis dengan beban gempa dinamik diarah y, efek p-delta terbesar terjadi di Kecamatan Saptosari.

3.5. Kekakuan

Grafik perhitungan kekakuan struktur gedung 10 lantai disajikan pada Gambar 10 dan 11. Contoh kurva kekakuan yang disajikan adalah kekakuan kurva gedung 10 lantai di Kecamatan Patuk. Hal ini dikarenakan nilai kekakuan struktur yang hampir sama disetiap kecamatan yang diteliti.

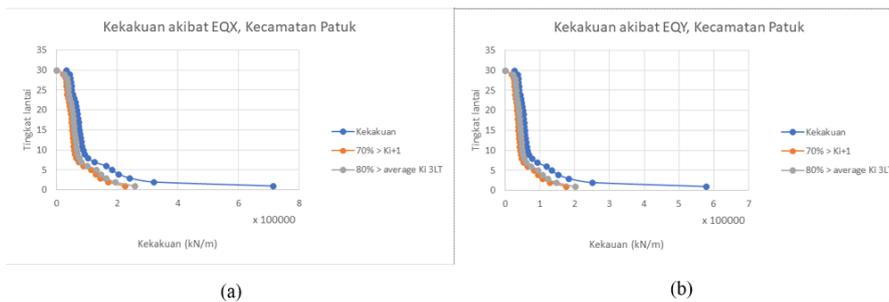


Gambar 10. Kekakuan gedung gedung 10 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
Sumber: Hasil analisis

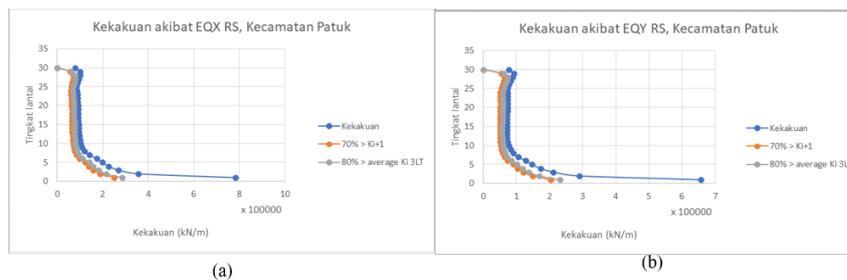


Gambar 11. Kekakuan gedung 10 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
Sumber: Hasil analisis

Dari grafik kurva kekakuan struktur gedung 10 lantai didapatkan bahwa kekakuan tingkat ke i gedung 10 lantai melebihi 70% rata-rata kekakuan tingkat di atasnya serta melebihi 80% rata-rata 3 tingkat di atasnya. Kurva hasil analisis beban gempa statik diarah x dan y menunjukkan kekakuan tingkat dari lantai dasar menurun sampai 5 dan meningkat sedikit atau hampir sama dari lantai 6 sampai lantai 9 dan menurun lagi sampai lantai 10. Sedangkan hasil analisis dengan beban gempa dinamik diarah x dan y menunjukkan kurva kekakuan tingkat dari lantai dasar menurun sampai lantai 5 dan meningkat dari lantai 6 sampai 9 serta menurun lagi ke lantai 10. Grafik kekakuan tingkat gedung 30 lantai disajikan pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Kekakuan gedung gedung 30 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y.
Sumber: Hasil analisis

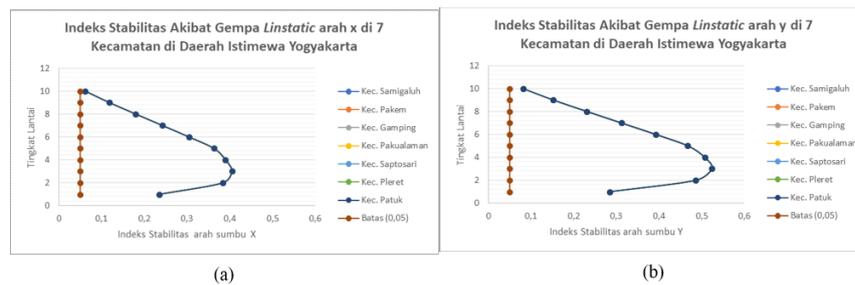


Gambar 13. Kekakuan gedung 30 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x dan (b) arah y.
Sumber: Hasil analisis

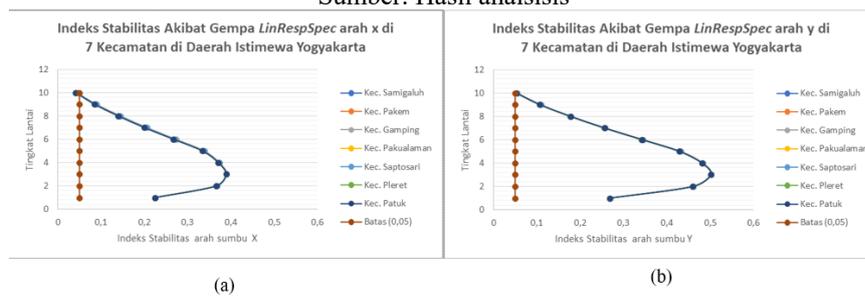
Dari grafik kurva kekakuan struktur gedung 30 lantai didapatkan bahwa kekakuan tingkat ke i gedung 10 lantai melebihi 70% rata-rata kekakuan tingkat di atasnya serta melebihi 80% rata-rata 3 tingkat di atasnya. Kurva hasil analisis beban gempa statik diarah x dan y menunjukkan kekakuan tingkat dari lantai dasar menurun sampai lantai 30. Sedangkan hasil analisis dengan beban gempa dinamik diarah x dan y menunjukkan kurva kekakuan tingkat dari lantai dasar menurun sampai lantai 10 dan meningkat sedikit atau hampir sama dari lantai 10 sampai lantai 25 dan meningkat sampai lantai 29 serta menurun lagi ke lantai 30.

3.6. Indeks Stabilitas

Analisis gempa yang digunakan untuk menghitung indeks stabilitas adalah analisis gempa statik ekuivalen dan analisis dengan beban gempa dinamik ragam respon spektrum. Jika nilai indeks stabilitas (Q) suatu struktur lebih besar dari 0,05 maka struktur tersebut diasumsikan struktur bergoyang. Grafik analisis indeks stabilitas gedung 10 lantai disajikan pada Gambar 14 dan 15.

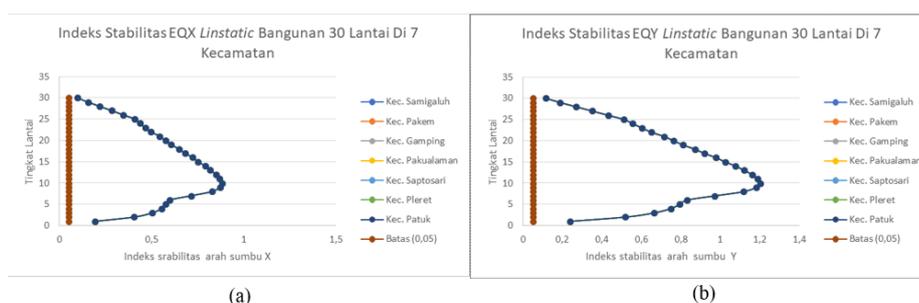


Gambar 14. Indeks stabilitas gedung gedung 10 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y .
Sumber: Hasil analisis

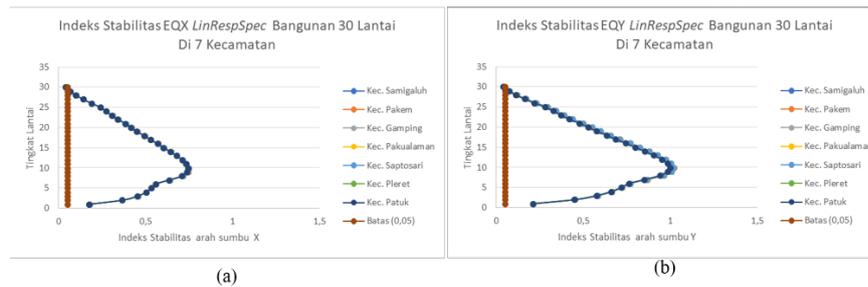


Gambar 15. Indeks stabilitas gedung 10 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x ; (b) arah y .
Sumber: Hasil analisis

Dari grafik indeks stabilitas gedung 10 lantai menunjukkan bahwa indeks stabilitas 7 kecamatan hampir sama baik dari hasil analisis dengan beban gempa statik maupun analisis dengan beban gempa dinamik. Indeks stabilitas hasil analisis beban gempa statik dan dinamik menunjukkan indeks stabilitas dari lantai dasar meningkat sampai lantai 3 dan menurun dari lantai 4 sampai lantai 10. Nilai indeks stabilitas gedung 10 lantai di 7 kecamatan melebihi 0,05 baik dari hasil analisis dengan beban gempa statik dan analisis beban gempa dinamik. Hal ini membuat portal tingkat gedung 10 lantai adalah portal bergoyang. Hal ini terjadi karena struktur dirancang tanpa balok anak dengan jarak antar kolom yang cukup jauh, dengan tinggi antar lantai yang cukup tinggi yaitu 4 m. Bukan hanya itu, dinding hanya dipasang disisi bangunan dan hanya dianggap sebagai beban mati tambahan tanpa ada peran untuk mengikat struktur. Nilai indeks stabilitas tertinggi terdapat pada Kecamatan Patuk. Grafik indeks stabilitas gedung 30 lantai disajikan pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Indeks stabilitas gedung gedung 30 lantai dengan beban gempa statik (a) arah x dan (b) arah y .
Sumber: Hasil analisis



Gambar 17. Indeks stabilitas gedung 30 lantai dengan beban gempa dinamik respon spektrum (a) arah x; (b) arah y.
Sumber: Hasil analisis

Dari grafik indeks stabilitas gedung 30 lantai menunjukkan bahwa indeks stabilitas 7 kecamatan hampir sama baik dari hasil analisis dengan beban gempa statik maupun analisis dengan beban gempa dinamik. Indeks stabilitas hasil analisis beban gempa statik dan dinamik menunjukkan indeks stabilitas dari lantai dasar meningkat sampai lantai 10 dan menurun dari lantai 11 sampai lantai 30. Nilai indeks stabilitas gedung 30 lantai di 7 kecamatan melebihi 0,05 baik dari hasil analisis dengan beban gempa statik dan analisis beban gempa dinamik. Hal ini membuat portal tingkat gedung 30 lantai adalah portal bergoyang. Hal ini terjadi karena struktur dirancang tanpa balok anak dengan jarak antar kolom yang cukup jauh, dengan tinggi antar lantai yang cukup tinggi yaitu 4 m. Bukan hanya itu, dinding hanya dipasang disisi bangunan dan hanya dianggap sebagai beban mati tambahan tanpa ada peran untuk mengikat struktur. Nilai indeks stabilitas tertinggi terdapat pada Kecamatan Patuk dan khusus hasil analisis dinamik arah sumbu y indeks stabilitas terdapat pada Kecamatan Saptosari.

4. KESIMPULAN

1. Frekuensi puncak DIY berkisar antara 1,25 Hz -7,14 Hz. Frekuensi gedung 10 untuk 3 mode shape pertama secara berurutan yaitu 0,398 Hz; 0,446 Hz; 0,45 Hz dan frekuensi gedung 30 lantai secara berurutan yaitu 0,155 Hz; 0,181 Hz; 0,188 Hz. Frekuensi gedung 10 dan 30 lantai untuk 3 mode shape pertama berada dibawah 1 Hz. Frekuensi yang lebih beresonansi dengan frekuensi gempa di DIY adalah frekuensi bangunan rendah, karena semakin kecil periode bangunan semakin besar frekuensi alami. Peningkatan SS sebesar 0,1g, menghasilkan peningkatan beban gempa statik. Untuk Gedung 10 lantai gaya gempa meningkat sebesar 3,99% diarah x dan y. Sedangkan pada gedung 30 lantai meningkat sebesar 6,24% diarah x dan y.
2. Pada gedung 10 lantai, dihasilkan peningkatan simpangan antar lantai untuk setiap kecamatan yaitu hasil analisis beban gempa statik meningkat sebesar 4,12% diarah x dan y serta hasil analisis beban gempa dinamik meningkat sebesar 4,01% diarah x serta 3,94% diarah y. Peningkatan p-delta akibat beban gempa statik meningkat sebesar 0,31% diarah x dan y serta hasil analisis dengan beban gempa dinamik meningkat sebesar 0,46% diarah x dan 0,28% meningkat diarah y.
3. Untuk gedung 30 lantai, dihasilkan peningkatan simpangan antar lantai untuk setiap kecamatan yaitu hasil analisis beban gempa statik meningkat sebesar 6,25% diarah x dan y serta hasil analisis dengan beban gempa dinamik meningkat sebesar 6,27% diarah x dan 5,31% meningkat diarah y. Peningkatan p-delta akibat beban gempa statik diarah x meningkat sebesar 0,003% dan diarah y meningkat sebesar 0,002% serta akibat beban gempa dinamik diarah x p-delta meningkat sebesar 0,15% dan diarah y meningkat sebesar 0,55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Indah, Lenni Kartika, Bambang Triatmodjo, and Radianta Triatmadja. "Evaluasi Sistem Mitigasi Penanganan Bencana Gempabumi Di Kecamatan Bantul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta." *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*. Vol. 18. No. 3. 2008.
- Badan Standardisasi Nasional (2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung SNI 1726:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional (2019) Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- FEMA, P. "154: Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook." Federal Emergency Management Agency Report, FEMA. P 154 (2015).
- Siajaya, Kiemberly, Reky S. Windah, and Banu Dwi Handono. "Respon Struktur Gedung Bertingkat dengan Variasi Kekakuan Kolom akibat Gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012." *Jurnal Sipil Statik 6.6* (2018).
- Steffie Tumilar. Ir. M. Eng. AU-Haki. "Tahapan Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang." Short Course HAKI, Yogyakarta, 28 Oktober 2016.