

## PERILAKU BENTUK PENAMPANG KOLOM KOMPOSIT PADA BERBAGAI JENIS TANAH AKIBAT BEBAN GEMPA

Ni Putu Silvi

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai Denpasar  
Email: silviniputu@gmail.com*

**ABSTRAK:** Kolom komposit baja-beton umumnya digunakan untuk struktur bangunan tinggi dan struktur bentang Panjang. Kolom komposit kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik, namun bahaya tekuk pada kolom menjadi pertimbangan dalam analisis. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku bentuk kolom komposit pada berbagai jenis tanah akibat beban gempa. Parameter yang ditinjau dalam penelitian ini adalah perpindahan lateral, gaya geser dasar dan gaya-gaya dalam. Penelitian ini adalah penelitian numerik menggunakan *software* ETABS. Struktur komposit ini dimodel sebagai struktur 3 dimensi dengan menyertakan model pelat lantai. Pelat dimodel sebagai elemen *shell*, balok dan kolom dimodel sebagai elemen *frame* dan kondisi terjepit diasumsikan pada balok *sloof*. Dibuat 6 (enam) buah model dengan 2 (dua) variasi bentuk kolom komposit (persegi dan bulat) + baja profil HBeam dan 3 (tiga) variasi jenis tanah (tanah keras, sedang dan lunak) di Kota Denpasar. Beban-beban yang diperhitungkan dalam analisis ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah keras memberikan kekakuan rata-rata 29.2% lebih besar dibandingkan dengan tanah sedang dan lunak untuk semua penampang kolom akibat beban gempa. Kolom persegi komposit lebih kaku 0.6% dibandingkan kolom bulat komposit untuk semua jenis tanah akibat beban gempa. Tanah keras menghasilkan gaya geser dasar 27.6% lebih besar dibandingkan dengan tanah sedang dan tanah lunak untuk semua penampang kolom akibat beban gempa. Kolom persegi komposit menghasilkan gaya geser dasar 0.6% lebih besar dibandingkan kolom bulat komposit untuk semua jenis tanah akibat beban gempa. Tanah lunak menghasilkan gaya-gaya dalam (momen, gaya geser dan gaya aksial) lebih besar 29.5% dibandingkan tanah keras dan tanah sedang untuk semua penampang kolom komposit akibat beban gempa. Kolom persegi komposit menghasilkan momen dan gaya geser 2.7% lebih besar dibandingkan kolom bulat komposit, namun gaya aksial lebih kecil 0.8% akibat beban gempa.

**Kata Kunci:** Perilaku, Bentuk Penampang, Komposit, Jenis Tanah, Beban Gempa.

**ABSTRACT:** *Steel-concrete composite columns are generally used for high-rise and long-span structures. Composite columns are strong in compression and weak in tension, but buckling in the column is considered in the analysis. The purpose of this study was to determine the behavior of the composite column shape on various types of soil due to earthquake loads. Parameters in this research are lateral displacement, base shear force and internal forces. This research is a numerical study using ETABS software. This composite structure is modeled as a 3-dimensional structure by including a floor slab model. Slabs are modeled as shell elements, beams and columns are modeled as frame elements and fixed conditions are assumed for sloof beams. 6 (six) models have been made with 2 (two) variations of composite column shape (square and round) + HBeam profile steel and 3 (three) variations of soil types (hard, medium and soft soil) in Denpasar City. The applied loads are dead load, live load and earthquake load. The results of the analysis show that hard soils provide an average stiffness of 29.2% greater than medium and soft soils for all column sections due to earthquake loads. Composite square column is 0.6% stiffer than composite round column for all soil types due to earthquake loads. Hard soil produces a base shear force of 27.6% greater than medium soil and soft soil for all column sections due to earthquake loads. Composite square column produces 0.6% greater base shear force than composite round column for all soil types due to earthquake loads. Soft soil produces internal forces (moment, shear force and axial force) 29.5% greater than hard soil and medium soil for all composite column sections due to earthquake loads. Composite square columns produce 2.7% greater moments and shear forces than composite round columns, but 0.8% smaller axial forces due to earthquake loads.*

**Keywords:** *Behavior, Column Section, Composite, Soil Type, Earthquake Load.*

### PENDAHULUAN

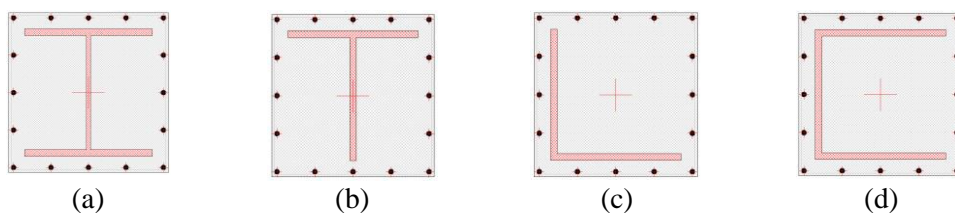
Kolom komposit adalah elemen struktur tekan yang merupakan gabungan dua material atau lebih dan telah diaplikasikan pada struktur bangunan tinggi dan struktur bentang panjang. Struktur komposit baja-beton memiliki sifat material yang berbeda dan sifat gabungan material yang lebih efektif dan efisien. Struktur komposit baja-beton kuat menerima beban tekan dan lemah menerima beban tarik. Sementara baja kuat terhadap beban tarik dan tekan, namun akibat kelangsingan kolom akan terjadi tekuk. Umumnya, beban lateral yang diperhitungkan selain beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dalam perencanaan struktur Gedung adalah beban gempa. Potensi gempa di Indonesia semakin tinggi, sehingga tingkat resiko beban gempa pada bangunan tinggi semakin besar dan kuat. Parameter

yang umum digunakan untuk mengukur kekakuan struktur bangunan akibat beban gempa adalah parameter simpangan lateral dan waktu getar struktur. Jika simpangan lateral akibat beban gempa dan waktu getar struktur yang terjadi lebih besar dari simpangan ijin menurut SNI 1726:2019, maka struktur tersebut akan mengalami kerusakan dan keruntuhan. Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja elemen struktur kolom adalah dengan mendesain struktur kolom menjadi kolom komposit baja-beton. Namun demikian, faktor lain yang mempengaruhi tingkat resiko beban gempa adalah kondisi tanah di lokasi dimana bangunan tersebut dibangun. Beberapa penelitian analitis dan eksperimental mengenai kolom komposit baja-beton yang dibebani beban gravitasi maupun beban gempa adalah dilakukan oleh: Shetty (2018), Limbare (2018), Utomo (2011), Naushen (2015) dan Sermet (2020).

Shetty (2018) meneliti perilaku seismik gedung bertingkat dengan kolom komposit, bresing dan dinding geser. Hasil penelitian menghasilkan perpindahan lateral bertambah dengan bertambahnya tinggi bangunan. Limbare (2018) meneliti tentang perbandingan struktur rangka beton bertulang dan struktur komposit baja-beton dengan pembebanan statis dan dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpindahan lateral struktur komposit adalah 20.93% lebih besar terhadap struktur RCC. Gaya geser dasar struktur komposit berkurang 24.8% terhadap struktur RCC. Utomo (2011) meneliti kolom komposit SCBF bertingkat rendah hingga sedang dengan konfigurasi brasing X. Hasil penelitian menghasilkan pada daerah seismik tinggi, kolom komposit terbungkus beton dapat menjadi solusi ideal untuk menangani kapasitas beban aksial. Nausheen (2015) meneliti perbandingan perilaku struktur kolom komposit dengan konvensional. Hasil penelitian menghasilkan selama aktivitas seismik, respon struktur dipengaruhi oleh sifat material dan konfigurasi sistem struktur. Sermet (2020) meneliti tentang perilaku seismik pada join kolom komposit dengan balok beton bertulang. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan balok dan sambungan tergantung dari kapasitas geser. Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan meneliti mengenai perilaku bentuk kolom komposit pada berbagai jenis tanah akibat beban gempa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku (perpindahan lateral, gaya geser dasar, gaya-gaya dalam) bentuk kolom komposit pada berbagai jenis tanah akibat beban gempa.

### KOLOM KOMPOSIT BAJA-BETON

Kolom merupakan komponen struktur tekan yang memikul beban dan momen yang disebabkan oleh nonprismatik penampang, eksentrisitas beban dan kondisi kekangan pada tumpuan. Jika momen yang terjadi relatif kecil, maka dapat diabaikan. Parameter penting yang mempengaruhi batang tekan (kolom baja) adalah kuat leleh ( $F_y$ ), kuat ultimit ( $F_u$ ) dan konfigurasi bentuk fisik atau geometri. Parameter geometri terdiri dari luas penampang, pengaruh bentuk penampang terhadap kekuatan struktur, panjang batang dan kondisi tumpuan yang juga disebut sebagai rasio kelangsingan. Kolom baja-beton komposit umumnya digunakan untuk struktur bentang panjang dan tinggi. Kolom baja-beton komposit merupakan gabungan beton bertulang dan baja profil dengan konfigurasi seperti pada Gambar 1 (Dewobroto, 2016).



Gambar 1. Jenis-Jenis Kolom Komposit Baja-Beton (a) Profil HB, (b) Profil T, (c) Profil L, (d) Profil C (Sumber: Dewobroto, 2016)

Prosedur analisis riwayat respon (*RHA*) menghasilkan respon struktur dalam fungsi waktu, tetapi disain struktur biasanya berdasarkan gaya dan deformasi puncak selama pengaruh respon gempa. Untuk sistem SDOF, respon puncak dapat dihitung secara langsung dari spektrum respon gerakan tanah tanpa melakukan analisis riwayat respon. Namun untuk sistem MDOF, respon puncaknya dapat dihitung dari spektrum respon, tetapi hasilnya tidak *exact*. Namun, estimasi respon puncak yang didapat cukup akurat untuk aplikasi disain struktur.

Nilai *exact* respon spektrum dari sebuah sistem MDOF pada mode alami ke-*n* dapat dihitung dari spektrum respon gempa. Nilai puncak  $A_n(t)$  diambil dari nilai respon spektrum *pseudo acceleration* *A*

$(T_n, \xi_n)$  yang berhubungan dengan periode alami  $T_n$ , dan rasio redaman, kemudian disimbolkan dengan  $A_n$  (Copra, 1995).

Metode elemen hingga merupakan metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa maupun parsial serta untuk memecahkan problem dalam domain continuum. Persamaan differensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan engineering, maka penting bagi para insinyur untuk dapat memahami dan mampu menerapkan metode elemen hingga. Metode elemen hingga dikembangkan untuk memecahkan problem dibidang mekanika benda padat (*solid mechanic*), mekanika fluida (*fluid mechanic*), perpindahan panas (*heat transfer*), elektromagnetik (*electro magnetism*), getaran (*vibration*), analisis modal (*modal analysis*), dan banyak lagi problem engineering lainnya. Proses inti MEH adalah membagi kontinum yang kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang lebih sederhana. Solusi dari setiap elemen digabungkan akan menjadi solusi problem secara keseluruhan (Logan, 2007).

Syarat batas waktu getar alami dalam SNI 1726:2019 (Pasal 7.8) tidak melebihi persamaan 2.9 dikalikan dengan koefisien batas atas ( $C_u$ ) yang terdapat dalam tabel 14 SNI 1726:2019.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (1)$$

dimana  $h_n$  adalah tinggi bangunan (m),  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15. Pada tabel 15 untuk tipe struktur baja, nilai  $C_t = 0.0724$  dan  $x = 0.80$ , sehingga persamaan  $T_a$  menjadi:

$$T_a = 0.0724 \cdot h_n^{0.80} \quad (2)$$

Sedangkan  $C_u$  pada tabel 14 SNI 1726:2019 memiliki koefisien 1.4, Waktu getar  $< T_a \cdot C_u$

Simpangan antar lantai struktur dapat dihitung dengan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6. Simpangan antar lantai akibat gempa desain ( $\Delta$ ) harus sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau dan tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) seperti pada SNI 1726:2019.

$$\Delta_i < 0.020h_i \quad (3)$$

dimana  $\Delta_i$  = simpangan tingkat ke-i dan  $h_i$  = tinggi tingkat. Selain itu, perlu juga ditinjau potensi keruntuhan tingkat lunak (*soft story*) yaitu keruntuhan yang mengindikasikan reduksi kekakuan lateral dibandingkan kekakuan lateral lantai-lantai di atasnya. *Soft story* dapat ditinjau dengan membandingkan *drift ratio* suatu lantai dengan *drift ratio* lantai di atasnya dan harus memenuhi syarat kurang dari 130%. *Drift ratio* yaitu rasio simpangan terhadap tinggi tingkat. Mekanisme *soft story* terjadi apabila:

$$Dr_i > 1.3 Dr_{i+1} \quad (4)$$

$$D_r = \frac{\Delta_i}{h_i} \quad (5)$$

dimana  $Dr_i$  = *drift ratio* tingkat ke-i dan  $Dr_{i+1}$  = *drift ratio* tingkat ke -i+1.

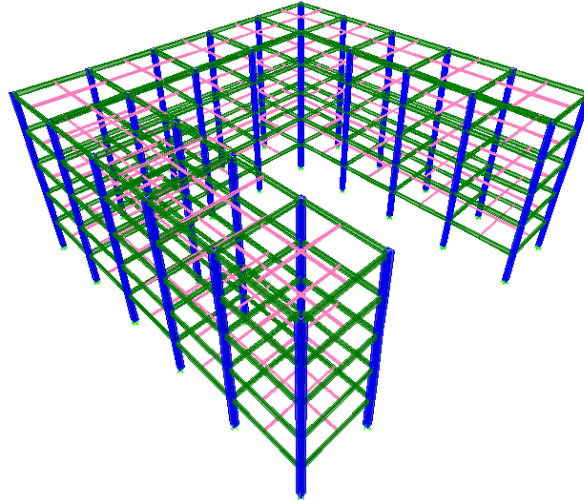
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian numerik dengan bantuan *software* ETABS. Data geometri struktur portal 3D *frame* ditentukan sendiri, sedangkan data material dan pembebanan berdasarkan (SNI 1727:2013) dan (SNI 1729:2019).

Material material baja profil dengan mutu baja BJ37 dimana tegangan putus minimum,  $f_u = 370$  MPa dan tegangan leleh minimum,  $f_y = 240$  MPa (SNI 1729:2019), *Poisson Ratio* = 0.3, berat volume = 7850 kg/m<sup>3</sup> (SNI 1727:2013) Untuk material beton bertulang menggunakan mutu beton  $f'c = 21$  MPa, *Poisson Ratio* = 0.2 dan berat volume = 2400 kg/m<sup>3</sup> (SNI 1727:2013).

Geometri model struktur 3D disajikan pada Gambar 2. Semua model struktur dimodel sebagai struktur 3D dengan menyertakan model pelat lantai. Jarak antar kolom dan tinggi tingkat tipikal masing-masing adalah 8m dan 4m dengan jumlah tingkat adalah 5 Tingkat. Tebal pelat lantai untuk semua lantai adalah 120 mm. Dimensi kolom persegi beton bertulang adalah 500 mm x 500 mm (luas = 250000 mm<sup>2</sup>) dan kolom bulat beton bertulang dengan diameter 564.3326 mm (luas = 250000 mm<sup>2</sup>). Dimensi baja profil *HBeam* adalah 300x300x10x15 mm. Dimensi balok induk adalah IWF450x200x9x14 mm dan dimensi balok anak adalah IWF200x100x5.5x8 mm. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan bantuan *software* ETABS. Balok dan kolom dimodel sebagai elemen *frame* dan pelat beton bertulang dimodel sebagai elemen *shell*. Dalam pemodelan ini balok Sloof beton bertulang tidak dimodel dan kolom diasumsikan terjepit pada sloof. Hubungan join balok dan kolom dimodel *semi rigid* dengan *rigid zone factor* = 0.5 (Faridmehr, et al., 2016). Dalam penelitian ini, dua buah model yaitu model 1 adalah

struktur *frame 3D* kolom komposit (kolom persegi beton bertulang 500x500 mm + HB300) dan model 2 adalah struktur *frame 3D* kolom komposit (kolom bulat beton bertulang dia. 564.3326 mm + HB300). Jenis tanah yang ditinjau adalah tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak untuk wilayah Kota Denpasar. Denah tipikal dan portal tipikal disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Kolom yang dibahas adalah kolom Grid 5B.



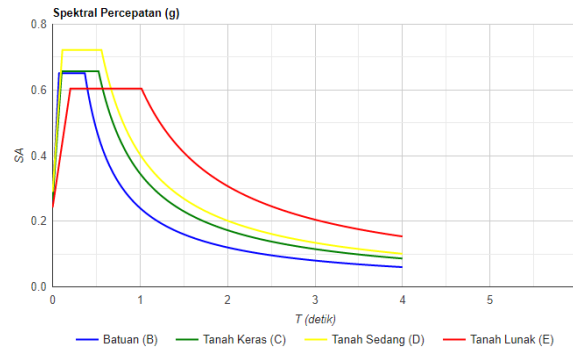
Gambar 2. Model 3D

Beban-belan yang diperhitungkan adalah beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa respons spektrum. Beban mati tambahan yang bekerja pada struktur adalah beban tembok sebesar 250 kg/m<sup>2</sup> didistribusikan sebagai beban merata segiempat pada balok induk. Beban mati tambahan lainnya adalah beban spesi, tegel dan MEP sebesar 150 kg/m<sup>2</sup> dikerjakan pada pelat. Beban hidup lantai dan atap berturut-turut sebesar 240 kg/m<sup>2</sup> dan 100 kg/m<sup>2</sup> (SNI 1727:2013). Beban gempa menggunakan beban gempa respon spektrum wilayah gempa Kota Denpasar dengan koordinat (Lat: 8.671651399970395, Long: 115.23387908935547) dengan 3 (tiga) kondisi tanah yaitu tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak seperti disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1. Model Struktur

Model	Kolom Komposit	Keterangan
<b>1</b> Model 1a = Tanah Keras Model 1b = Tanah Sedang Model 1c = Tanah Lunak		500x500 mm (Concrete) + HB300x300x10x15 mm
<b>2</b> Model 2a = Tanah Keras Model 2b = Tanah Sedang Model 2c = Tanah Lunak		Dia. 564.3326 mm (Concrete) + HB300x300x10x15 mm

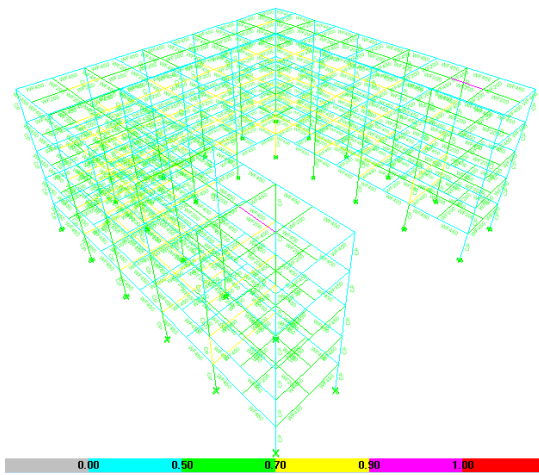
Fungsi bangunan adalah perkantoran dengan faktor kategori resiko = II, faktor keutamaan = 1 dan faktor respons gempa (R) = 8 untuk struktur rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus. *Damping ratio* yang digunakan adalah 15% (Copra, 1995). Kombinasi beban yang diperhitungkan sebagai berikut:  $U_1 = 1.4D$ ,  $U_2 = 1.2D+1.6L$ ,  $U_3 = 1.2D+L+E_x+0.3E_y$ ,  $U_4 = 1.2D+L-E_x-0.3E_y$ ,  $U_5 = 1.2D+L+0.3E_x+E_y$ ,  $U_6 = 1.2D+L-0.3E_x-E_y$  (SNI 1726:2019).



Gambar 3. Respon Spektrum Gempa Wilayah Kota Denpasar  
(Sumber: <http://puskim.pu.go.id>, 2021)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Langkah awal adalah melakukan pemeriksaan terhadap waktu getar struktur model terhadap waktu getar alami fundamental atau waktu getar maksimum yang diijinkan. Waktu getar struktur hasil analisis adalah sebesar 0.988 detik lebih kecil dari waktu getar maksimum dari persamaan (2) setelah dikalikan nilai  $C_u$  sebesar 1.11 detik. Selanjutnya adalah pengecekan terhadap kapasitas penampang kolom komposit baja beton melalui *Steel P-M Interaction Ratios*. Hasil analisis menghasilkan *stress ratio* pada komponen struktur tipikal lebih kecil dari 1 seperti disajikan pada Gambar 4. Dengan demikian, kapasitas penampang mencukupi untuk dianalisis.

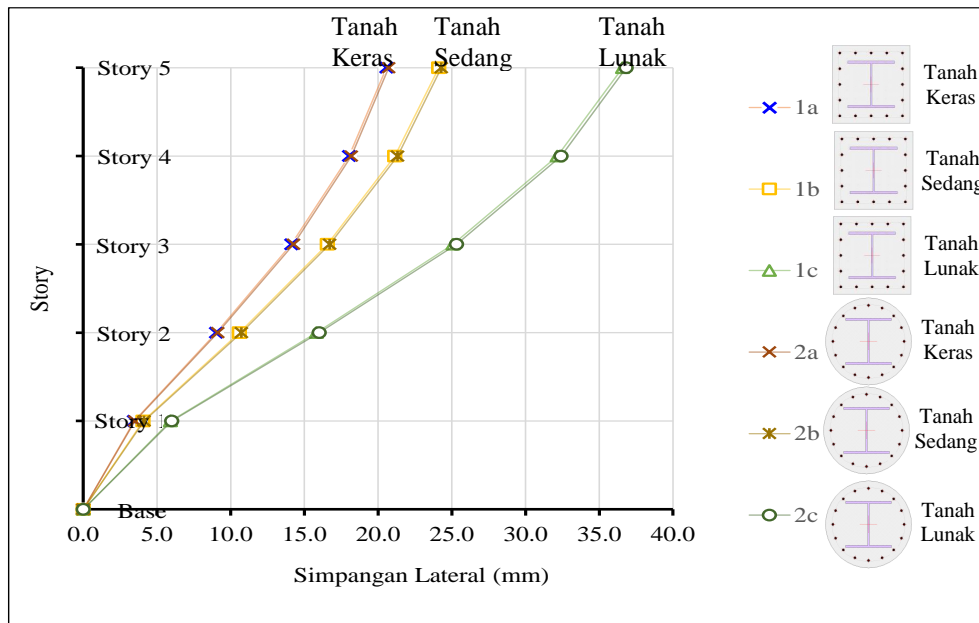


Gambar 4. *Steel P-M Interaction Ratios* Tipikal

Perilaku struktur yang diperhitungkan dalam analisis ini adalah simpangan lateral dan gaya-gaya dalam pada kolom komposit akibat beban lateral atau beban gempa. Contoh perhitungan simpangan dan *drift ratio* Model 1a disajikan pada Tabel 2. Simpangan maksimum arah X model 1b, 1c, 2a, 2b dan 2c berturut-turut adalah 24.19 mm, 36.58 mm, 20.72 mm, 24.29 mm dan 36.83 mm. Simpangan maksimum arah Y model 1b, 1c, 2a, 2b dan 2c berturut-turut adalah 22.96 mm, 34.74 mm, 19.69 mm, 23.06 mm dan 34.92 mm. *Drift ratio* maksimum arah X model 1b, 1c, 2a, 2b dan 2c berturut-turut adalah 87.60% mm, 87.92%, 87.79%, 87.77% dan 88.03%. *Drift ratio* maksimum arah Y model 1b, 1c, 2a, 2b dan 2c berturut-turut adalah 87.59% mm, 87.97%, 87.71%, 87.73% dan 88.03%. Simpangan lateral yang terjadi akibat beban gempa untuk semua model struktur menghasilkan simpangan lateral lebih kecil dari simpangan lateral ijin menurut SNI 1726:2019 dan *drift ratio* yang terjadi lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami *soft story*, disajikan pada Tabel 2 dan penjelasannya. Gambar 5 menjelaskan simpangan lateral akibat beban gempa arah X dan Y untuk semua model. Simpangan lateral akibat beban gempa arah X untuk penampang kolom persegi komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.7%, 34.1% dan 43.8%.

Tabel 2. Simpangan dan *Drift Ratio* Model 1a

Tingkat	$h_{sx}$ mm	$\Delta_X$ mm	$\Delta_Y$ mm	$\Delta_{iX}$ mm	$\Delta_{iY}$ mm	$\Delta_{ijin}$ mm	$D_{rX}$ %	$D_{rY}$ %	$(D_{ri}/D_{ri+1})_X$ %	$(D_{ri}/D_{ri+1})_Y$ %
Story 5	4000	2.54	2.43	20.57	19.61	80.00	0.005	0.005		
Story 4	4000	3.91	3.72	18.03	17.18	80.00	0.005	0.004	87.65	87.61
Story 3	4000	5.10	4.84	14.12	13.46	80.00	0.004	0.003	78.31	78.35
Story 2	4000	5.57	5.33	9.02	8.62	80.00	0.002	0.002	63.88	64.04
Story 1	4000	3.45	3.29	3.45	3.29	80.00	0.001	0.001	38.25	38.17
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

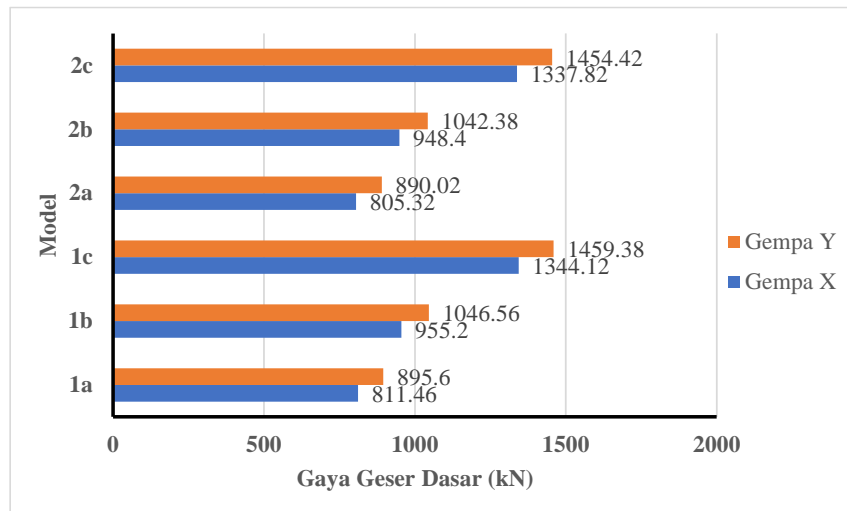


Gambar 5. Simpangan Lateral Akibat Gempa Arah X dan Y

Simpangan lateral akibat beban gempa arah Y penampang kolom persegi komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.6%, 33.9% dan 43.6%. Simpangan lateral akibat beban gempa arah X penampang kolom bulat komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.7%, 34.0% dan 43.7%. Simpangan lateral akibat beban gempa arah Y penampang kolom bulat komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.6%, 33.9% dan 43.6%. Simpangan lateral akibat beban gempa arah X jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0.72%, 0.70% dan 0.68%. Simpangan lateral akibat beban gempa arah Y jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0.41%, 0.43% dan 0.52%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah X dan Y disajikan pada Gambar 6. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah X penampang kolom persegi komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 15.0%, 28.9% dan 39.6%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah Y penampang kolom persegi komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.4%, 28.3% dan 38.6%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah X penampang kolom bulat komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 15.1%, 29.1% dan 39.8%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah Y penampang kolom bulat komposit untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak



dan tanah keras ke tanah lunak mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 14.6%, 28.3% dan 38.8%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah X jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0.8%, 0.7% dan 0.5%. Gaya geser dasar akibat beban gempa arah Y jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami penurunan berturut-turut sebesar 0.6%, 0.4% dan 0.3%.



Gambar 6. Gaya Geser Dasar

Tabel 3. Gaya-Gaya Dalam pada Kolom Grid 5B Tingkat Pertama

Model	Momen (kNm)		Gaya Geser (kN)		Gaya Aksial (kN)	
	Gempa X	Gempa Y	Gempa X	Gempa Y	Gempa X	Gempa Y
1a	7.2	106.32	2.29	35.37	8.43	7.48
1b	8.41	124.39	2.67	41.35	9.89	8.76
1c	12.63	178.05	3.97	57.97	14.93	13.18
2a	6.85	104.81	2.2	35.18	8.51	7.53
2b	8.01	122.85	2.56	41.21	9.98	8.82
2c	12.02	175.86	3.82	57.81	15.07	13.28

Gaya-gaya dalam (momen, gaya geser dan gaya aksial) kolom yang ditinjau adalah kolom grid 5B tingkat pertama seperti disajikan pada Tabel 3. Momen kolom persegi komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.5%, 31.8% dan 41.6%. Momen kolom bulat komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.6%, 31.8% dan 41.7%. Gaya geser kolom persegi komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.3%, 30.7% dan 40.7%. Gaya geser kolom bulat komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.3%, 30.8% dan 40.8%. Gaya aksial kolom persegi komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.7%, 33.6% dan 43.4%. Gaya aksial kolom bulat komposit grid 5B tingkat pertama akibat beban gempa arah X dan Y untuk tanah keras ke tanah sedang, tanah sedang ke tanah lunak dan tanah keras ke tanah lunak mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 14.7%, 33.7% dan 43.4%. Momen akibat beban gempa arah X dan Y jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit

mengalami rata-rata penurunan berturut-turut sebesar 3.3%, 3.1% dan 3.2%. Gaya geser akibat beban gempa arah X dan Y jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami rata-rata penurunan berturut-turut sebesar 2.3%, 2.3% dan 2.1%. Namun, gaya aksial akibat beban gempa arah X dan Y jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dari penampang kolom persegi komposit ke penampang kolom bulat komposit mengalami rata-rata peningkatan berturut-turut sebesar 0.8%, 0.8% dan 0.8%.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah keras memberikan kekakuan rata-rata 29.2% lebih besar dibandingkan dengan tanah sedang dan lunak untuk semua penampang kolom akibat beban gempa.
2. Kolom persegi komposit lebih kaku 0.6% dibandingkan kolom bulat komposit untuk semua jenis tanah akibat beban gempa.
3. Tanah keras menghasilkan gaya geser dasar 27.6% lebih besar dibandingkan dengan tanah sedang dan tanah lunak untuk semua penampang kolom akibat beban gempa.
4. Kolom persegi komposit menghasilkan gaya geser dasar 0.6% lebih besar dibandingkan kolom bulat komposit untuk semua jenis tanah akibat beban gempa.
5. Tanah lunak menghasilkan gaya-gaya dalam (momen, gaya geser dan gaya aksial) lebih besar 29.5% dibandingkan tanah keras dan tanah sedang untuk semua penampang kolom komposit akibat beban gempa.
6. Kolom persegi komposit menghasilkan momen dan gaya geser 2.7% lebih besar dibandingkan kolom bulat komposit, namun gaya aksial lebih kecil 0.8% akibat beban gempa.

## **SARAN**

Saran dalam penelitian ini adalah dapat dilanjutkan dengan menganalisis bentuk penampang kolom komposit yang lainnya dengan beban respons spektrum daerah lain untuk semua kondisi tanah.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- BSN. 2013. *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2013*. Jakarta, BSN.
- BSN. 2015. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, SNI 2847:2019*. Jakarta, BSN.
- BSN. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2019*. Jakarta, BSN.
- BSN. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019*. Jakarta, BSN.
- Copra, A. K. 1995. *Dynamics of Structure: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. New Jersey, Prentice Hall.
- Dewobroto, W. 2016. *Struktur Baja (Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010)*. Jurusan Teknik Sipil UPH. Jakarta.
- Limbare, P.P., Dode, P.A. 2018. Comparative Study of Reinforced Concrete frame structure & Steel-Concrete composite structure subjected to static and dynamic loading. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*. Vol. 5. P29-32.
- Logan, Daryl.L. 2007. *A first Course in the Finite Element Method, 4thEd*. Boston, Canada.
- Nausheen H., Eramma, H. 2015. Comparison of Seismic Behavior of a Structure with Composite and Conventional Columns. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 02. P1556-1562.
- Puskim. 2021. "Desain Spektra Indonesia". <http://puskim.pu.go.id>, 2021. Diakses pada 1 Oktober 2021.
- Sermet, F., Ercan, E., Hokelekli, E., Arisoy, B. 2020. Cyclic Behavior of Composite Column-Reinforced Concrete Beam Joints. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. Sci 38 (3), 2020, 1427-1445.
- Shetty, R.A., Kumar, M.R.P. 2018. Analysis of Composite Column Building with Lateral Load Resisting Systems using ETABS. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 7. P7856-7868.
- Utomo, J. 2011. Composite Columns in Low-to-Medium-Rise SCBFs with the Two-Story X Configuration Braces. *The 3rd International Conference of European Asian Civil Engineering Forum (Eacef) 2011, German Alumni Night, And Half Day Seminar of German Professors*. Vol. x. Pxx-xx.