

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR KOMPOSIT PADA GEDUNG DI ATAS TANAH KERAS, SEDANG DAN LUNAK AKIBAT BEBAN GEMPA

I Wayan Giatmajaya¹, Ni Ketut Sri Astuti Sukawati², I Gede Oka Darmayasa³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

Jalan Kamboja No. 11 A Denpasar – Bali

Email : giatmajaya@gmail.com

Abstrak – Dalam perencanaan struktur tahan gempa pada suatu wilayah sangat dipengaruhi oleh jenis tanah pada suatu wilayah tertentu. Dalam SNI Gempa 1726-2012 terdapat berbagai jenis tanah yang diklasifikasikan diantaranya batuan keras, batuan, tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah khusus. Beban gempa pada setiap jenis tanah akan memiliki faktor desain seismik yang berbeda. Hal inilah yang akan menimbulkan besaran beban gempa yang berbeda yang dialami pada suatu struktur. Penggunaan jenis struktur komposit juga menjadi hal yang efisien baik dari pengeraannya dilapangan maupun berat sendiri yang di pikul oleh struktur komposit dibandingkan dengan struktur beton bertulang jauh lebih ringan. Selain itu perilaku komposit pada suatu struktur komposit akan terjadi apabila potensi terjadinya slip antara kedua material dapat dicegah dengan menggunakan penghubung geser (Setiawan,2008). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur komposit di atas tanah tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak. Selanjutnya struktur komposit dimodelkan 3 dimensi menggunakan program SAP2000 yang kemudian dianalisa pada setiap jenis tanah keras, sedang dan lunak. Analisa pada struktur akibat beban gempa menggunakan metode gaya lateral ekivalen dan metode spektrum respon ragam. Hasil analisis menunjukkan struktur mengalami gaya-gaya yang berbeda dari jenis tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak diantaranya struktur mengalami simpangan maksimum sebesar 79,57mm, 93,06mm, 113,65mm, simpangan antar tingkat sebesar 23,05mm, 26,96mm, 32,93mm, gaya geser dasar sebesar 182,58kN, 218,26kN, 264,56kN, serta gaya geser tingkat sebesar 63,7 kN, 74,48 kN, 91 kN. Dari ketiga kondisi tanah yang di dianalisa tersebut, struktur mengalami gaya-gaya yang paling besar adalah pada kondisi tanah lunak, kemudian diikuti dengan tanah sedang dan keras.

Kata Kunci : Komposit; gempa; perilaku; tanah.

Abstract - In the planning of earthquake resistant structures in an area it is strongly influenced by the type of soil in a particular area. In the SNI for Earthquake 1726-2012, there are various types of calcified soil including hard rock, rock, hard soil, medium soil, soft soil and special soil. Earthquake loads on each type of soil will have different seismic design factors. This is what will cause different earthquake load magnitudes experienced in a structure. The use of this type of composite structure is also an efficient thing both from the work in the field and the weight borne by the composite structure compared to the much lighter reinforced concrete structure. In addition, the behavior of composites in a composite structure will occur if the potential for slip between the two materials can be prevented by using a shear connector (Setiawan, 2008). This research was conducted to determine the behavior of composite structures on hard soil, medium soil and soft soil. Furthermore, the composite structure is modeled in 3 dimensions using the SAP2000 program which is then analyzed on each type of hard, medium and soft soil. Analysis of the structure due to earthquake loads using the equivalent lateral force method and the variance response spectrum method. The results of the analysis show that the structure experiences different forces from hard, medium and soft soils, including the structure experiencing a maximum deviation of 79.57mm, 93.06mm, 113.65mm, the deviation between levels is 23.05mm, 26.96mm 32.93mm, the basic shear forces are 182.58kN, 218.26kN, 264.56kN, and the level shear forces are 63.7 kN, 74.48 kN, 91 kN. Of the three analyzed soil conditions, the structure experiences the greatest forces in soft soil conditions, followed by medium and hard soils.

Keywords: Composite; earthquake; behavior; soil.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan kawasan yang terletak pada daerah pertemuan tiga lempeng (*triple junction plate convergence*) yaitu lempeng Eurasia, lempeng Samudera Pasifik dan lempeng India-Australia yang masing-masing bergerak ke barat dan ke utara serta relatif terhadap Eurasia. Pergerakan tiga lempeng tersebut yang sebagian berpusat di dasar Samudra Hindia, dapat menyebabkan terjadinya gempa bumi berkekuatan skala besar atau kecil. Salah satu dampak yang ditimbulkan dari gempa bumi adalah kerusakan infrastruktur. Untuk mengurangi kerusakan pada infrastruktur, perlu adanya tahap perencanaan struktur gedung tahan gempa. Perencanaan ini tidak lepas dari aspek-aspek yang harus diperhatikan dalam struktur gedung diantaranya, periode (umur) bangunan, kekakuan struktur, kondisi tanah, dan massa struktur.

Dalam perencanaan gedung konstruksi umur rencana dan massa struktur dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan dan dimensi struktur yang direncanakan, sedangkan kondisi tanah sangat tergantung dari jenis tanah pada suatu wilayah tertentu. Jenis tanah yang berbeda tentunya memiliki kemampuan dan daya dukung tanah yang berbeda untuk menahan gaya-gaya vertikal dan horizontal yang terjadi pada suatu struktur. Serta melalui medium tanah yang berbeda akan berbeda pula energi gempa yang dihantarkan dari pusat gempa ke pondasi bangunan dan akan diteruskan ke struktur atas. Sehingga dalam suatu perencanaan struktur, data tanah pada suatu wilayah tertentu harus diteliti terlebih dahulu.

Pada umumnya penggunaan struktur baja sangat banyak ditemukan dalam sebuah gedung konstruksi. Akan tetapi, penggunaan material baja sebagai struktur bangunan di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara-negara lainnya, khususnya di daerah Bali sendiri. Dimana pada perencanaan gedung dengan struktur baja umumnya masih menggunakan struktur baja konvensional, karena jika menggunakan struktur baja yang biasa penampang baja yang diperlukan akan lebih besar dan kurang efisien. Selain itu, penggunaan baja sebagai

struktur bangunan akan lebih baik lagi bila dikombinasikan dengan beton. Perpaduan antara baja profil dengan beton yang digabung bersama untuk memikul beban disebut struktur komposit. Penggunaan komposit yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kombinasi beton dengan baja untuk kolom, balok baja dengan beton untuk plat. Keistimewaan yang nyata dari sistem komposit diantaranya, (1) Penghematan berat baja, (2) Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil, (3) Kekakuan lantai meningkat, (4) Kapasitas menahan beban lebih besar dan (5) Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (Setiawan, 2008).

Berdasarkan penjabaran diatas, maka tugas akhir ini dilakukan analisis perilaku struktur komposit pada gedung di atas tanah yang berbeda. Adapun pembagian kelas situs tanah menurut SNI 1726 : 2012, pasal 5.3 yang didasarkan atas kolerasi penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium diantaranya, kelas situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus, dimana diperlukan penyelidikan geoteknik dan analisis respon spesifik). Dari kelas situs tanah diatas yang digunakan sebagai perbandingan adalah kelas situs SC, SD dan SE. Adapun perilaku struktur terhadap kondisi tanah yang ditinjau antara lain, simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat, serta gaya geser dasar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku struktur komposit pada gedung di atas kondisi tanah yang berbeda setelah menerima beban gempa ?
2. Pada jenis tanah apa struktur komposit mengalami simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan gaya geser dasar yang paling besar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan hasil berupa nilai

- simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan gaya geser dasar yang terjadi pada struktur komposit terhadap tiga jenis tanah yang berbeda akibat beban gempa.
2. Untuk mengatahui pada jenis tanah apa struktur komposit paling kecil mengalami penyimpangan-penyimpangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam perencanaan struktur komposit pada gedung di daerah yang berpotensi mengalami gempa yang cukup tinggi.
2. Dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian yang akan datang khususnya untuk mahasiswa Teknik Sipil.
3. Dapat mengetahui bagaimana perilaku struktur komposit pada gedung terhadap kondisi tanah yang berbeda.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Gedung diperuntukan sebagai gedung perkantoran dengan ketinggian bangunan yang ditinjau hanya bertingkat 4 atau tidak boleh lebih dari 15 meter yang didasarkan pada Perda No. 16 Tahun 2009 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Bali.
2. Bangunan dibuat beraturan dengan 6 (enam) bentang arah sumbu X dan 2 (dua) bentang arah sumbu Y, dengan jarak masing-masing 4m dan 5m.
3. Tidak menghitung pondasi, karena struktur dianggap sudah terjepit pada level *sloof* (permukaan tanah).
4. Desain struktur berdasarkan SNI 2847 : 2013, SNI 1726 : 2012, SNI 1727 : 2013 dan SNI 1729 : 2015
5. Bangunan di bangun di wilayah dengan kategori gempa tinggi yaitu di Bali Zona I yang meliputi seluruh Kabupaten Karangasem dan Klungkung.
6. Kelas situs tanah yang ditinjau adalah tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak.

7. Analisa struktur dibantu dengan program SAP2000 versi 15.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Berdasarkan SNI 1726 : 2012, Pasal 5.1, jenis-jenis tanah diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE atau SF yang diteliti dari lapisan 30 meter paling atas permukaan tanah. Dimana penetapan tersebut dilakukan melalui penyelidikan tanah di lapangan dan laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 meter, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian yang menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi geotekniknya. Selain itu untuk penetapan situs SA dan SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 meter lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit pondasi dan permukaan batuan dasar. Serta untuk sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

2.2 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Perencanaan struktur tahan gempa didasarkan pada metodologi capacity design. Pada cara ini struktur telah direncanakan sedemikian rupa sehingga bila struktur mengalami kondisi inelastis, maka hanya terjadi pada tempat yang ditentukan, yang memang telah direncanakan. Dimana kondisi inelastis yang terjadi tersebut juga terkontrol sebagai tempat dissipasi energi. Sedangkan bagian struktur lainnya tetap berperilaku elastis. Selain itu, dalam perencanaan bangunan tahan gempa tentu banyak hal yang harus diperhatikan. Diantaranya material yang digunakan dan pembebanan pada suatu struktur yang direncanakan agar dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu konstruksi. Selain material yang kuat

digunakan tentunya harus memiliki berat jenis yang relatif ringan, hal ini dikarenakan dapat mengurangi pembebahan yang terjadi pada suatu struktur.

Dalam pembebahan akibat berat sendiri, beban mati tambahan dan beban hidup, beban angin dan beban gempa sedang maka diharapkan struktur dapat berperilaku elastis yaitu beban hilang maka deformasi hilang. Akan tetapi pada suatu perencanaan bangunan pada suatu wilayah tertentu yang memiliki kriteria gempa yang besar, struktur yang didesain secara elastis tentunya akan sangat tidak praktis dan mahal dikarenakan pengerjaan yang lama.

2.2.1 Sistem Struktur Baja

Struktur baja merupakan struktur dengan material yang secara alami mempunyai rasio kuat dibanding berat-volume yang tinggi, sehingga dalam penggunaan material ini pada suatu gedung memiliki berat struktur yang relatif ringan. Tentunya dalam hal ini masa struktur menjadi salah satu faktor penting pada suatu bangunan tahan gempa. Dan baja merupakan seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu lagi, melainkan sudah dapat ditempa. Baja adalah bahan yang serba kesamaannya yaitu homogenitasnya tinggi, terdiri dari Fe dalam bentuk Kristal dan C. Pembuatannya dilakukan sebagai pembersihan dalam temperatur yang tinggi dari besi mentah yang didapat dari proses dapur tinggi. (Setiawan, 2008)

2.2.2 Sistem Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan kombinasi dari dua elemen struktur yang materialnya berbeda yang bekerja bersama-sama membentuk satu kesatuan, dimana masing-masing dari bahan/material tersebut mempunyai kekuatan sendiri-sendiri. Pada awal tahun 1930 penggunaan penampang komposit sudah mulai digunakan pada konstruksi jembatan, tetapi untuk peraturannya baru dikeluarkan pada tahun 1944 oleh AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) tentang spesifikasi jembatan jalan raya dengan struktur komposit. Pada sebuah jembatan dengan penampang komposit ini, gaya geser longitudinal ditransfer dari balok baja ke pelat beton bertulang dengan menggunakan penghubung geser. Hal

inilah yang mengakibatkan pelat beton tersebut turut ikut serta membantu untuk memikul momen lentur yang timbul. Penampang komposit ini dapat dilihat dalam Gambar 2.1.a. Sedangkan untuk pengembangan penggunaan komponen struktur komposit untuk bangunan gedung dimulai pada awal tahun 1960, yang mengacu pada spesifikasi yang dikeluarkan oleh AISC (*American Institute of Steel Construction*) tahun 1952. Dalam komponen struktur komposit yang digunakan dapat berupa balok baja yang diselubungi dengan beton pada Gambar 2.1.b. (Setiawan, 2008)

2.3 Konsep Pembebahan

Dalam suatu struktur gedung pastinya akan menerima pengaruh-pengaruh pembebahan dari luar dan dalam. Pengaruh pembebahan dari dalam disebabkan oleh sistem struktur yang terbuat dari material bermassa, yang nantinya akan memikul berat sendiri akibat pengaruh gaya gravitasi. Dan pengaruh pembebahan dari luar tentunya disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dari luar struktur seperti, beban angin dan beban gempa. Berikut merupakan gambaran pembebahan yang di terima suatu struktur yang berdiri diantaranya:

2.3.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah gaya tarik ke pusat bumi pada suatu benda tertentu yang berdiri diatas permukaan bumi. Pada sebuah gedung, yang menjadi beban gravitasinya adalah berat seluruh bangunan yang ada didalamnya. Berat seluruh bangunan ini berasal dari kombinasi dari berbagai pembebahan yang ada di gedung tersebut, diantaranya :

a) Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam waktu penggunaan suatu gedung. Karena besar dan lokasi beban yang sering berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti sangat sulit ditentukan. Perencanaan pembebahan untuk beban hidup disesuaikan dengan standar pembebahan SNI 1727 : 2013

b) Beban Mati (Dead Load)

Dalam memperhitungkan beban mati pada suatu struktur harus mencangkup

elemen-elemen yang memiliki fungsi struktural dan non struktural. Untuk menghitung besarnya beban mati pada setiap elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut dan dikalikan dengan volume elemen

2.3.2 Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari suatu wilayah tertentu dan ketinggian struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar 25 kg/m^2 , (Setiawan, 2008).

2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat dari pergerakan tanah arah vertikal atau horizontal dari gempa bumi. Adapun yang harus ditentukan dalam menentukan beban gempa diantaranya :

- Kategori risiko struktur bangunan
- Parameter spektrum respons
- Kategori desain seismic
- Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R , C_d , Ω_0)
- Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertarget (MCE_R)
- Menentukan parameter percepatan spektral desain

2.3.4 Kombinasi Pembebaan

Berdasarkan peraturan yang berlaku pada SNI 1727-2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, digunakan kombinasi dasar pembebaan metode desain kekuatan sebagai berikut :

- $1.4D$
- $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$
- $1.2D \pm 1.6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$
- $1.2D \pm 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$
- $1.2D \pm 1.0E + L$
- $0.9D \pm 1.0W$
- $0.9D \pm 1.0E$

2.4 Gaya Lateral pada Struktur Bangunan

a) Gaya geser dasar akibat gempa

Besarnya gaya geser dasar ditentukan berdasarkan persamaan :

$$V = C_s \cdot W$$

Keterangan :

C_s = koefisien respon gempa

W = berat bangunan

Untuk koefisien respon gempa ditentukan dengan persamaan :

$$C_s = SDS / (R/I_e)$$

Keterangan :

SDS = parameter percepatan spektrum desain R

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

b) Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya lateral gempa (F_x) (kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

$$C_{vx} = w_x h^k / \sum(w_i \cdot h^k)$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total geser didasar struktur, kN

w_i & w_x = berat efektif total struktur pada tingkat yang ditinjau.

h_i & h_x = tinggi dasar struktur sampai tingkat yang ditinjau.

k = eksponen yang terkait periode struktur sebagai berikut:

$T \leq 0,5$ detik, maka $k = 1$; $T \geq 2,5$ detik, maka $k = 2$, Jika T antara $0,5 - 2,5$ detik, harus dilakukan dengan interpolasi.

c) Distribusi horizontal gaya gempa

Penentuan Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) dengan rumus sebagai berikut :

$$Vx = \sum_{i=x}^n F_i$$

dengan:

Vx = Geser tingkat desain gempa di semua tingkat.

F_i = Bagian dari geser dasar seismik.

d) Simpangan antar lantai

Dalam penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ), dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Pada gambar 2.8 diijinkan menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya, jika pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal. Dan desain tegangan ijin dipakai, maka Δ dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan pada 2.6 tanpa mengalami reduksi untuk desain tegangan ijinnya. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = C_d \cdot \delta_{xe} / I_e$$

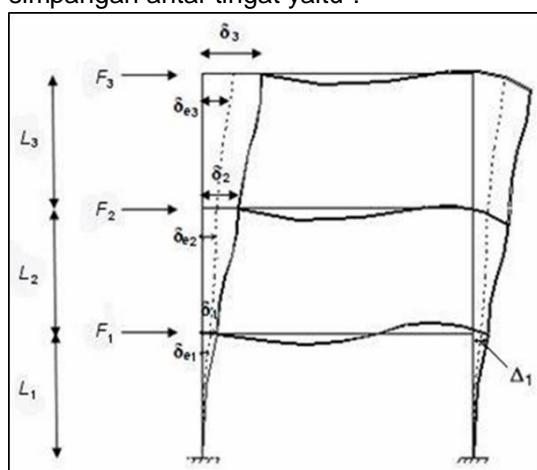
Keterangan :

C_d = Faktor implifikasi defleksi

δ_x = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa

Berikut adalah cara untuk menentukan simpangan antar tingkat yaitu :



Gambar 2.1 Simpangan antar tingkat Untuk di tingkat 3

$$\Delta_3 = (\epsilon_3 - \epsilon_2) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

ϵ_3 = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\epsilon_3 = \epsilon_3 C_d / I_e \Rightarrow$ perpindahan yang diperbesar

F_3 = gaya gempa desain tingkat kekuatan

Untuk di tingkat 2

$$\Delta_2 = (\epsilon_2 - \epsilon_1) C_d / I_e \leq \Delta_a$$

ϵ_2 = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\epsilon_2 = \epsilon_2 C_d / I_e \Rightarrow$ perpindahan yang diperbesar

F_2 = gaya gempa desain tingkat kekuatan

Untuk di tingkat 1

$$\Delta_1 = \epsilon_1 \leq \Delta_a$$

ϵ_1 = perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\epsilon_1 = \epsilon_1 C_d / I_e \Rightarrow$ perpindahan yang diperbesar

F_1 = gaya gempa desain tingkat kekuatan

Δ_1 = simpangan antar lantai

Δ_1 / L_1 = rasio simpangan antar lantai

ϵ_3 = perpindahan total

e) Batasan simpangan antar lantai tingkat desain(Δ) Simpangan antar lantai tingkat desain disyaratkan tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) seperti tabel dibawah ini:

Dalam penelitian ini simpangan antar lantai ijin di gunakan rumus :

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx}$$

Keterangan :

Δ_a = Simpangan lantai ijin

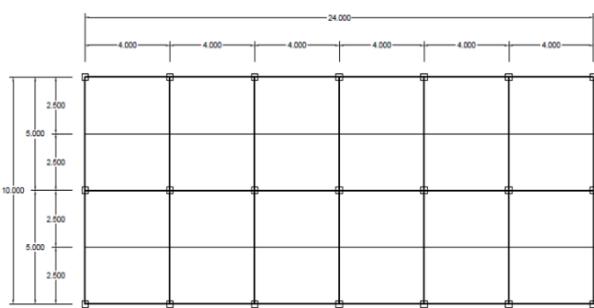
h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x

III. METODOLOGI PENELITIAN

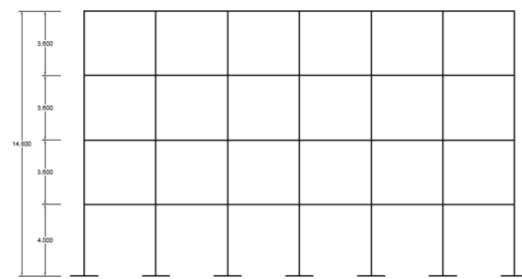
3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur komposit pada gedung bagian atas di berbagai kondisi tanah, dan tidak memperhitungkan pondasi karena struktur dianggap sudah terjepit pada level *sloof*. Perilaku yang dimaksud adalah simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat, serta gaya geser dasar dari berbagai kondisi tanah yang berbeda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi analitis, yang merupakan pemecahan masalah teknis secara analitis atau dengan suatu model. Dimana struktur dimodelkan menggunakan program SAP2000 versi 15 berdasarkan peraturan perencanaan gedung yang berlaku sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Selanjutnya model struktur yang telah didesain dari SAP2000 akan dianalisis kembali pada 3 (tiga) jenis tanah yang berbeda untuk mendapatkan gaya-gaya yang diinginkan sebelumnya. Adapun data dan gambar geometri bangunan yang akan dianalisis diantaranya:

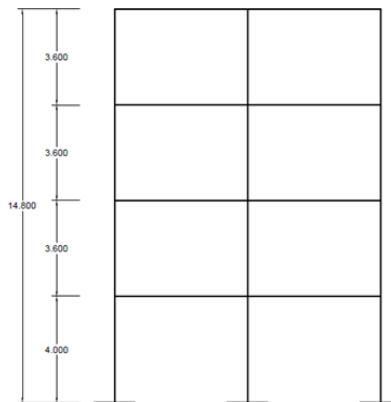
- 1) Tipe bangunan : diperuntukan untuk gedung perkantoran
- 2) Wilayah gempa : Zona I di Bali
- 3) Jenis tanah : Lunak, Sedang dan Keras
- 4) Sistem Rangka Pemikul Momen : Khusus
- 5) Tinggi bangunan : 14.8 m
- 6) Jumlah lantai : 4 lantai
- 7) Luas bangunan : 24 m x 10m
- 8) Struktur bangunan : Struktur Komposit
- 9) Mutu beton (f_c') : 25 MPa
- 10) Mutu baja (f_y) : BJ 370 Mpa



Gambar 3.1 Denah Balok dan Kolom



Gambar 3.2 Portal Memanjang



Gambar 3.3 Portal Memendek

Pembebaan yang diperhitungkan dalam penelitian ini sesuai dengan SNI 1727-2013 diantaranya :

1. Beban hidup lantai gedung untuk kantor sebesar $2,40 \text{ kN/m}^2 = 240 \text{ kg/m}^2$
2. Beban hidup atap datar sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2 = 96 \text{ kg/m}^2$
3. Berat jenis beton bertulang sebesar 2400 kg/m³
4. Berat jenis baja sebesar 7850 kg/m³
5. Beban plafond sebesar 18 kg/m²
6. Beban lantai keramik sebesar 24 kg/m²

3.2 Jenis dan Sumber Data

3.2.1 Jenis Data

- a) Rumusan masalah 1 “Bagaimana perilaku struktur gedung komposit diatas kondisi tanah yang berbeda setelah menerima beban gempa?” untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut menggunakan data berupa (1) data kelas situs tanah, (2) zona gempa I di daerah Bali, (3) SNI 1726:2012 tentang “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”, (4) SNI 1727:2013 tentang “Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain”, (5) SNI 2847:2013 tentang “ Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung

- dan (6) SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural".
- b) Rumusan masalah 2 "Pada jenis tanah apa struktur gedung komposit mengalami simpangan maksimum , simpangan antar tingkat, gaya geser tingkat dan gaya geser dasar yang paling besar?" Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut menggunakan data berupa hasil analisis struktur komposit di SAP2000 dengan jenis tanah yang berbeda diantara (1) hasil simpangan maksimum, (2) hasil simpangan antar tingkat, (3) hasil gaya geser tingkat serta (4) hasil gaya geser dasar.
- ### 3.3 Teknik Analisis Data
- Teknik analisis data merupakan suatu langkah yang paling menentukan dari suatu penelitian, dikarenakan dengan adanya analisa data yang nantinya berfungsi untuk menyimpulkan hasil penelitian. Dalam menganalisis data untuk penelitian ini, peneliti sepenuhnya menggunakan program SAP2000 versi 15 yang sesuai dengan peraturan yang berlaku guna untuk memperoleh hasil yang diharapkan. Dalam hal ini data yang sudah dikumpulkan akan di input ke program SAP2000 sesuai peraturan-peraturan dalam perencanaan gedung yang ada. Adapun tahapan analisis data yang dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir yaitu :
1. Tahap analisis : yang dimana dalam tahapan ini dilakukan permodelan struktur, pendefinisian *properties materials*, dimensi penampang, jenis pembebanan, dan kombinasi sampai pada menganalisis gaya-gaya dalam struktur menggunakan program SAP2000.
 2. Tahap desain : yaitu dalam tahapan ini menggunakan data peraturan SNI 2847-2013 sebagai syarat dimensi suatu penampang yang layak kedalam program SAP2000.
 3. Jika penampang yang direncanakan sesuai dengan peraturan, maka dilanjutkan dengan menguji struktur komposit pada gedung tersebut pada jenis tanah yang berbeda.
 4. Dan yang terakhir adalah membanding
- gaya- gaya yang diperoleh dari analisis program SAP2000 dari masing-masing jenis tanah yang berbeda, untuk menentukan pada jenis tanah apa struktur gedung komposit mengalami gaya-gaya yang paling besar.
- ## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
- ### 4.1 Data Pemodelan Struktur Komposit
- Dalam pemodelan struktur ini menggunakan data- data material seperti tabel 4.1 dibawah ini.
- | Jenis Material | Tegangan Leleh (f_u) MPa | Tegangan Putus (f_u) MPa | Berat Jenis kg/m ³ | Modulus Elastisitas (E) MPa | Rasio Poisson |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| BJ 37 | 240 | 370 | 7.850 | 2×10^5 | 0,3 |
| Tulangan Longitudinal | 400 | 600 | 7.850 | 2×10^5 | 0,3 |
| Tulangan Sengkang | 240 | 360 | 7.850 | 2×10^5 | 0,3 |
| Beton f.c 25 Mpa | | | 2.400 | $4700 \times 25^{0,5}$
$= 23.500$ | 0,2 |
- ### 4.2 Perhitungan Beban
- #### 4.2.1 Beban mati
1. Atap

Tebal pelat = 10 cm = 0,1 m

Tebal spesi = 2 cm

Berat jenis beton = 2.400 kg/m³

Berat jenis spesi per cm tebal = 21 kg/m²

Berat sendiri pelat atap = $0,1 \times 2.400 = 240$ kg/m²

Berat spesi = $2 \times 21 = 42$ kg/m²

Berat plafon = 18 kg/m²

Berat MEP = 15 kg/m² +

Jumlah beban mati pada pelat atap = 315 kg
 2. Lantai

Tebal pelat = 12 cm = 0,12 m

Tebal spesi = 2,5 cm

Berat jenis beton = 2.400 kg/m³

Berat jenis spesi per cm tebal = 21 kg/m²

Berat sendiri pelat lantai = $0,12 \times 2.400 = 288$ kg/m²

Berat spesi	$= 2,5 \times 21$	$= 52,5 \text{ kg/m}^2$
Berat keramik		$= 24 \text{ kg/m}^2$
Berat plafon		$= 18 \text{ kg/m}^2$
Berat MEP		$= 15 \text{ kg/m}^2 +$
Jumlah beban mati pada pelat lantai		$= 397,5 \text{ kg/m}^2$ $= 398 \text{ kg/m}^2$

4.2.2 Beban Hidup

1. Beban hidup atap datar = $0,96 \text{ kN/m}^2 = 96 \text{ kg/m}^2$
2. Beban hidup lantai untuk kantor = $2,4 \text{ kN/m}^2 = 240 \text{ kg/m}^2$

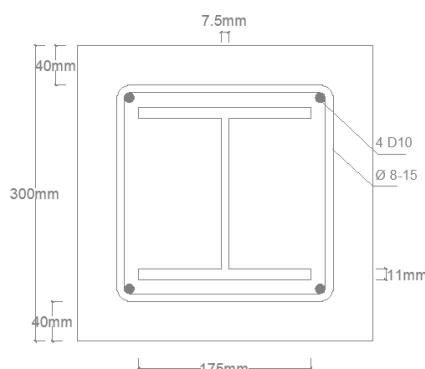
4.3 Penentuan dimensi awal

4.3.1 Balok

1. Balok anak dicoba pada gedung dengan profil baja IWF 148 x100 x 6 x 9. Untuk menentukan layak atau tidaknya suatu penampang, dapat dilihat pada langkah *run analysis* pada program SAP2000.
2. Balok 1 dicoba pada gedung lantai 1, 2 dan 3 dengan profil baja IWF 244 x175x7x11. Untuk menentukan layak atau tidaknya suatu penampang, dapat dilihat pada langkah *run analysis* pada program SAP2000.
3. Balok 2 dicoba pada gedung lantai 4 dengan profil baja IWF 169x125x5,5x8. Untuk menentukan layak atau tidaknya suatu penampang, dapat dilihat pada langkah *run analysis* pada program SAP2000.

4.3.2 Kolom

1. Kolom 1 (K1) untuk lantai 1,2 dan 3



Gambar 4.1 Detail penampang kolom 1

Dibuat penampang beton ukuran 30cm x 30cm dengan luas $A_c = 90.000 \text{ mm}^2$ Profil baja IWF 175 x 175 x 7,5 x 11 x 12 dengan luas $A_s = 5.121 \text{ mm}^2$

a. Selimut beton = $40 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm}$ (**ok**)

b. Periksa terhadap syarat luas minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{5.121}{90.000} \times 100\% = 5,7\% \geq 4\% \quad (\text{ok})$$

c. Periksa syarat jarak sengkang/pengikat lateral:

$$\text{Jarak sengkang} = 150 \text{ mm} \leq \frac{2}{3} \times 300 = 200 \text{ mm} \quad (\text{ok})$$

d. Periksa syarat tulangan sengkang /lateral:

$$\text{Luas tulangan lateral} > 0,18 \times 150$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2 > 27 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok})$$

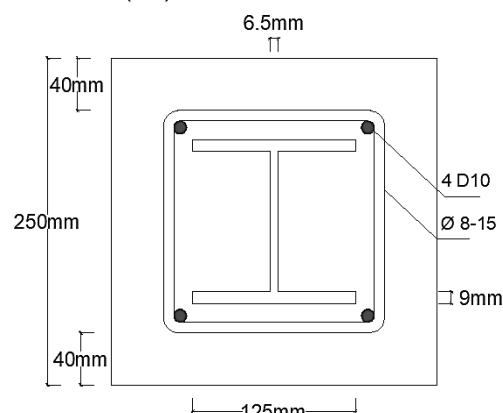
e. Periksa syarat luas tulangan longitudinal: Jarak antar tulangan longitudinal

$$= 300 - 2(40) - 2(8) - 10 = 194 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan longitudinal} > 0,18 \times 194$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 > 34,92 \text{ mm}^2 \quad (\text{ok})$$

2. Kolom 2 (K2) untuk lantai 4



Gambar 4.2 Detail penampang kolom 2

Dibuat penampang beton ukuran 25cm x 25cm dengan luas $A_c = 62.500 \text{ mm}^2$ profil baja IWF 125 x 125 x 6,5 x 9 x 10 dengan luas $A_s = 3.031 \text{ mm}^2$

a. Selimut beton = $40 \text{ mm} \geq 40 \text{ mm}$ (**ok**)

b. Periksa terhadap syarat luas minimum profil baja

$$\frac{As}{Ac} = \frac{3.031}{62.500} \times 100\% = 4.85\% \geq 4\% \text{ (ok)}$$

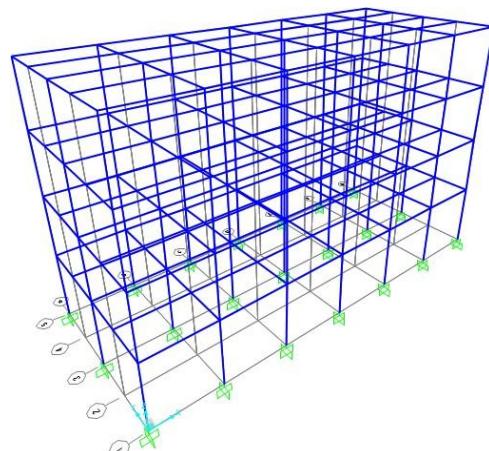
- c. Periksa syarat jarak sengkang/pengikat lateral: Jarak sengkang = $150 \text{ mm} \leq \frac{2}{3} \times 250 = 166,7 \text{ mm}$ (ok)
- d. Periksa syarat tulangan sengkang /lateral : Luas tulangan lateral > $0,18 \times 150$
 $\frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2 > 27 \text{ mm}^2$ (ok)
- e. Periksa syarat luas tulangan longitudinal: Jarak antar tulangan longitudinal
 $250 - 2(40) - 2(8) - 10 = 144 \text{ mm}$
 Luas tulangan longitudinal > $0,18 \times 144$
 $\frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 > 25,92 \text{ mm}^2$ (ok)

4.4 Pemodelan Struktur Komposit

Dalam pemodelan struktur komposit ini dibuat dengan menggunakan program SAP2000 v.15 dan semua gaya-gaya yang terjadi akan dihitung oleh program itu sendiri. Berikut adalah tampilan *modeling* dengan data-data dan pembebahan yang berlaku sesuai Standar Nasional Indonesia.

4.4.1 Model 3D

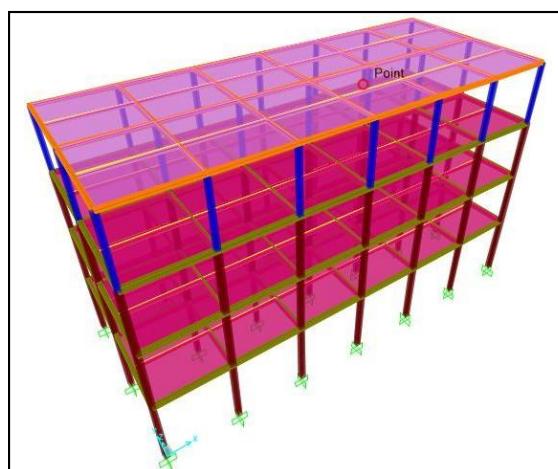
Untuk membuat pemodelan pada program SAP2000, terlebih dahulu harus menentukan denah gedung yang akan dimodelkan. Pada tugas akhir ini gedung dimodelkan dengan bentuk 3 dimensi yaitu jumlah bentang arah x sebanyak 6 dengan jarak 4 m, jumlah bentang arah y sebanyak 4 dengan jarak 5m dan jumlah tingkat atau arah z sebanyak 4 dengan jarak 4 m untuk z1 kemudian 3,6 m untuk z2, z3 dan z4. Selanjutnya **Pilih Menu File – New Model – 3d Frames** kemudian masukkan data-data diatas lalu **ok**. Maka akan muncul model dengan ukuran yang sudah dimasukkan seperti gambar 4.3 dibawah :



Gambar 4.3 Model 3 dimensi secara default

4.4.2 Model struktur 3 dimensi pada program SAP2000

Dalam hal ini pemodelan struktur komposit 3 dimensi sesuai dengan dimensi yang ditentukan di awal seperti gambar di bawah ini



Gambar 4.4 Model struktur komposit 3 dimensi

4.5 Menentukan Simpangan

Untuk menentukan nilai simpangan pada struktur yang diakibatkan oleh beban gempa pada masing-masing jenis tanah yang berbeda pertama harus mencari nilai perpindahan elastis dengan cara, setelah melakukan *run analysis*, **Pilih Menu Display – Pilih Show Deformed Shape** – pilih beban gempa arah x/y – kemudian sorot pada joint tiap lantai yang paling kanan di *grid* yang sama untuk arah x-z maupun y-z, karena kolom paling kanan yang mengalami simpangan paling besar dan gunakan satuan mm. berikut adalah hasil simpangan yang diperoleh dari program SAP2000.

Tabel 4.2 Besar simpangan arah x

Lantai	Simpangan Akibat Gaya Gempa Arah X (U1)		
	Tanah Keras (mm)	Tanah Sedang (mm)	Tanah Lunak (mm)
4	14.4673	16.9202	20.6643
3	11.3852	13.3155	16.2620
2	8.0837	9.4543	11.5464
1	3.8926	4.5526	5.5600

Tabel 4.3 Besar simpangan arah y

Lantai	Simpangan Akibat Gaya Gempa Arah Y (U2)		
	Tanah Keras (mm)	Tanah Sedang (mm)	Tanah Lunak (mm)
4	14.9655	17.5029	22.3360
3	11.9553	13.9823	17.8433
2	8.5477	9.9970	12.7574
1	4.1861	4.8958	6.2477

4.5.1 Perhitungan Simpangan Maksimum

Simpangan maksimum akibat beban gempa dari arah x dan y dihitung menggunakan data dari simpangan yang diperoleh dari program SAP2000 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\delta = \delta_{ex} \times C_d / I_e$$

Ket :

δ = Simpangan Maksimum

C_d = Faktor Pembesaran Defleksi

I_e = Faktor Keutamaan Gempa

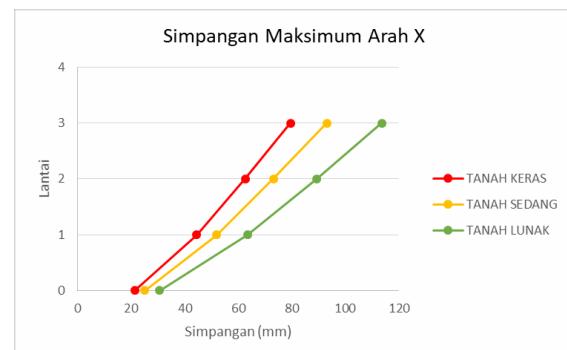
δ_{ex} = Simpangan tiap lantai

1. Simpangan Maksimum Arah x

Tabel 4.4 Besar simpangan maksimum arah x

Lantai	Simpangan (δ_e) (mm)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	Simpangan Maksimum δ (mm)
Pada Jenis Tanah Keras/C				
4	14.4673	5.5	1	79.57015
3	11.3852	5.5	1	62.6186
2	8.0837	5.5	1	44.46035
1	3.8926	5.5	1	21.4093
Pada Jenis Tanah Sedang/D				
4	16.9202	5.5	1	93.0611
3	13.3155	5.5	1	73.23525
2	9.4543	5.5	1	51.99865
1	4.5526	5.5	1	25.0393
Pada Jenis Tanah Lunak/E				
4	20.6643	5.5	1	113.65365
3	16.262	5.5	1	89.441

2	11.5464	5.5	1	63.5052
1	5.56	5.5	1	30.58

**Gambar 4.5 Grafik simpangan maksimum arah x**

Dari hasil perhitungan diatas bahwa simpangan maksimum arah x terjadi pada lantai 4 baik pada kondisi tanah keras, sedang dan lunak. Dan urutan untuk nilai simpangan maksimum paling besar terjadi pada kondisi tanah lunak dengan nilai 113,65365 mm, kemudian tanah sedang dengan nilai 93,0611 mm dan yang terakhir tanah keras dengan nilai 79,57015 mm.

2. Simpangan Maksimum arah y

Tabel 4.5 Besar simpangan maksimum arah y

Lantai	Simpangan (δ_e) (mm)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	Simpangan Maksimum δ (mm)
Pada Jenis Tanah Keras/C				
4	14.9655	5.5	1	82.31025
3	11.9553	5.5	1	65.75415
2	8.5477	5.5	1	47.01235
1	4.1861	5.5	1	23.02355
Pada Jenis Tanah Sedang/D				
4	17.5029	5.5	1	96.26595
3	13.9823	5.5	1	76.90265
2	9.997	5.5	1	54.9835
1	4.8958	5.5	1	26.9269
Pada Jenis Tanah Lunak/E				
4	22.336	5.5	1	122.848
3	17.8433	5.5	1	98.13815
2	12.7574	5.5	1	70.1657
1	6.2477	5.5	1	34.36235

**Gambar 4.6** Grafik simpangan maksimum arah y

Dari hasil perhitungan diatas bahwa simpangan maksimum arah y terjadi pada lantai 4 baik pada kondisi tanah keras, sedang dan lunak. Dan urutan untuk nilai simpangan maksimum paling besar terjadi pada kondisi tanah lunak dengan nilai 122,848 mm, kemudian tanah sedang dengan nilai 96,26595 mm dan yang terakhir tanah keras dengan nilai 82,31025 mm.

4.6 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat dihitung tidak boleh melebihi nilai dari simpangan lantai ijin tiap lantai/Δα yang dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

1. Lantai 1

$$\Delta\alpha = 0,020 \times h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 4000 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

2. Lantai 2, 3 dan 4

$$\Delta\alpha = 0,020 \times h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 3600 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

Ket :Δα = Simpangan lantai ijin

h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x

4.6.1 Simpangan Antar Tingkat Arah X

Untuk menghitung nilai simpangan antar lantai maksimum akibat beban gempa pada arah x dan y menggunakan rumus seperti dibawah :

$$\Delta = (\delta_{e1} - \delta_{e0}) \times C_d / I_e$$

Ket :

Δ = Simpangan antar lantai

C_d = Faktor Pembesaran Defleksi

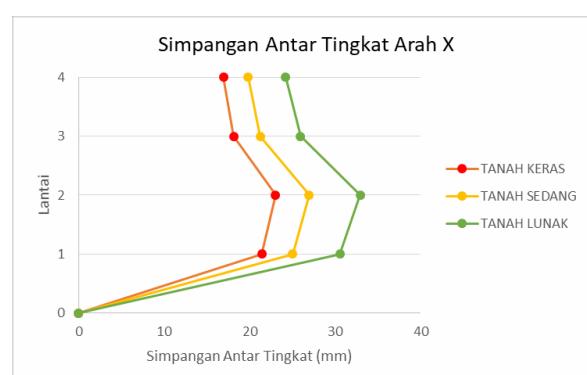
I_e = Faktor Keutamaan Gempa

δ_{ex} = Simpangan tiap lantai

Hasil perhitungan simpangan antar lantai maksimum pada arah x dapat dilihat pada tabel dan diagram dibawah ini

Tabel 4.6 Simpangan antar tingkat arah x

Lantai	Simpangan (δ_e) (mm)	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	($\delta_{e1} - \delta_{e0}$) (mm)	Simpangan Antar Lantai (Δ) (mm)	Simpangan Lantai Ijin ($\Delta\alpha$) (mm)	Syarat ($\Delta < \Delta\alpha$)
Pada Jenis Tanah Keras/C							
4	14.4673	5.5	1	3.0821	16.95155	72	ok
3	11.3852	5.5	1	3.3015	18.15825	72	ok
2	8.0837	5.5	1	4.1911	23.05105	72	ok
1	3.8926	5.5	1	3.8926	21.4093	80	ok
Pada Jenis Tanah Sedang/D							
4	16.9202	5.5	1	3.6047	19.82585	72	ok
3	13.3155	5.5	1	3.8612	21.2366	72	ok
2	9.4543	5.5	1	4.9017	26.95935	72	ok
1	4.5526	5.5	1	4.5526	25.0393	80	ok
Pada Jenis Tanah Lunak/E							
4	20.6643	5.5	1	4.4023	24.21265	72	ok
3	16.2620	5.5	1	4.7156	25.9358	72	ok
2	11.5464	5.5	1	5.9864	32.9252	72	ok
1	5.5600	5.5	1	5.5600	30.5880	80	ok

**Gambar 4.7** Diagram simpangan antar tingkat arah x

Dari hasil perhitungan diatas, bahwa kondisi struktur pada tanah lunak pada saat menerima beban gempa arah x memiliki simpangan antar lantai maksimum yang paling besar, yang

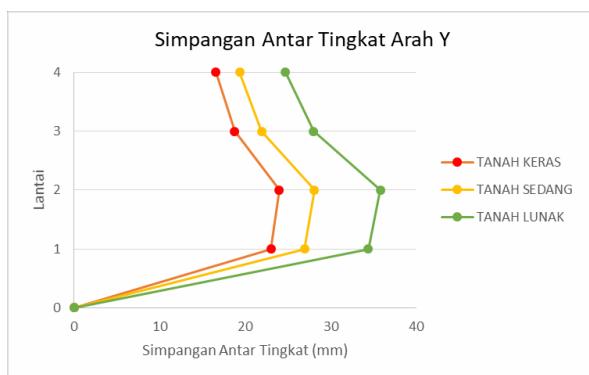
kemudian diikuti pada tanah sedang dan tanah keras. Dan untuk nilai simpangan antar lantai maksimum yang paling besar terjadi pada lantai 2 pada ketiga jenis tanah tersebut.

4.6.2 Simpangan Antar Tingkat Arah Y

Hasil perhitungan simpangan antar lantai maksimum pada arah y dapat dilihat pada tabel dan diagram dibawah ini

Tabel 4.7 Simpangan antar tingkat arah y

Lantai	Simpangan (δe) (mm)	Faktor Pembearan Defleksi (C_d)	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	($\delta e_1 - \delta e_0$) (mm)	Simpangan Antar Lantai (Δ) (mm)	Simpangan Lantai Ijin (Δ_a) (mm)	Syarat ($\Delta < \Delta_a$)
Pada Jenis Tanah Keras/C							
4	14.9655	5.5	1	3.0102	16.5561	72	ok
3	11.9553	5.5	1	3.4076	18.7418	72	ok
2	8.5477	5.5	1	4.3616	23.9888	72	ok
1	4.1861	5.5	1	4.1861	23.02355	80	ok
Pada Jenis Tanah Sedang/D							
4	17.5029	5.5	1	3.5206	19.3633	72	ok
3	13.9823	5.5	1	3.9853	21.91915	72	ok
2	9.9970	5.5	1	5.1012	28.0566	72	ok
1	4.8958	5.5	1	4.8958	26.9269	80	ok
Pada Jenis Tanah Lunak/E							
4	22.3360	5.5	1	4.4927	24.70985	72	ok
3	17.8433	5.5	1	5.0859	27.97245	72	ok
2	12.7574	5.5	1	6.5097	35.80335	72	ok
1	6.2477	5.5	1	6.2477	34.36235	80	ok



Gambar 4.8 Diagram simpangan antar tingkat arah y

Dari hasil perhitungan diatas, bahwa kondisi struktur pada tanah lunak pada saat menerima

bebannya arah y memiliki simpangan antar lantai maksimum yang paling besar, yang kemudian diikuti pada tanah sedang dan tanah keras. Dan untuk nilai simpangan antar lantai maksimum yang paling besar terjadi pada lantai 2 pada ketiga jenis tanah tersebut.

4.7 Gaya Geser Dasar

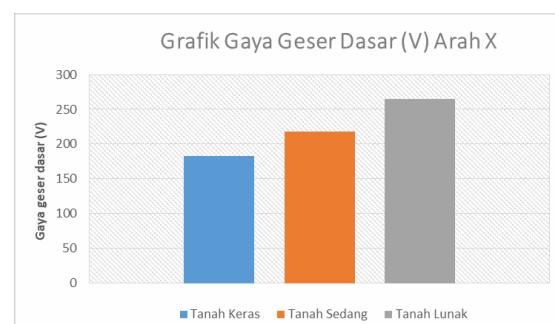
Gaya geser dasar pada struktur di program SAP2000 ditentukan dengan cara menjumlahkan semua gaya geser tiap kolom pada lantai 1, berikut adalah masing-masing gaya geser dasar pada struktur di kondisi tanah yang berbeda dengan arah gaya yang berbeda

1. Gaya geser dasar arah x

Gaya geser dasar pada arah x di masing-masing jenis tanah yaitu sebesar 182,58 kN untuk jenis tanah keras, 218,26 kN untuk tanah sedang serta 264,56 kN untuk jenis tanah lunak. Dari ketiga jenis tanah ini, yang memiliki gaya geser dasar paling besar adalah struktur komposit pada jenis tanah lunak. Berikut adalah tabel dan grafik gaya geser dasar arah x.

Tabel 4.8 Gaya geser dasar arah x

Lantai	Gaya Geser Dasar (V) arah X (kN)		
	Tanah Keras/C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E
4	63.7	74.48	91
3	125.84	147.23	179.79
2	166.86	199.16	238.37
1	182.58	218.26	264.56
V (kN)	182.58	218.26	264.56



Gambar 4.9 Grafik gaya geser dasar arah x

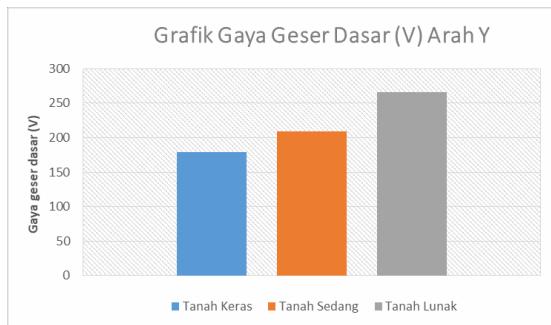
2. Gaya geser dasar arah y

Gaya geser dasar pada arah y di masing-masing jenis tanah yaitu sebesar 178,61 kN untuk jenis tanah keras, 208,87 kN untuk tanah sedang serta 266,54 kN untuk jenis tanah lunak. Dari ketiga jenis tanah ini, yang memiliki gaya geser dasar

paling besar adalah struktur komposit pada jenis tanah lunak. Berikut adalah tabel dan grafik gaya geser dasar arah y.

Tabel 4.9 Gaya geser dasar arah y

Lantai	Gaya Geser Dasar (V) arah Y (kN)		
	Tanah Keras/C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E
4	62.37	71.78	91.61
3	121.07	141.52	180.59
2	160	187.19	238.82
1	178.61	208.87	266.54
V (kN)	178.61	208.87	266.54



Gambar 4.10 Grafik gaya geser dasar arah y

4.8 Gaya Geser Tingkat

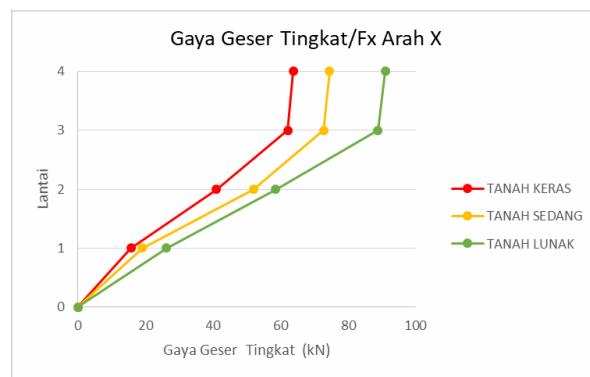
Gaya geser tingkat arah x dan y dihitung dari hasil selisih dari tiap gaya geser pada lantai dengan gaya lantai diatasnya. Berikut adalah tabel perhitungan gaya geser antar tingkat dari masing-masing jenis tanah yang berbeda.

1. Gaya geser tingkat arah x

Gaya geser tingkat pada arah x yang paling besar terjadi pada tingkat 4 pada masing-masing kondisi tanah yang berbeda. Sedangkan untuk struktur yang mengalami gaya geser tingkat yang paling besar terjadi pada jenis tanah lunak. Hal ini dapat dilihat dalam tabel dan diagram dibawah ini.

Tabel 4.10 Gaya geser tingkat arah x

Lantai	Gaya Geser tiap lantai Arah X			Gaya Geser Tingkat (Fx)		
	Tanah Keras /C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E	Tanah Keras /C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E
4	63.7	74.48	91	63.7	74.48	91
3	125.84	147.23	179.79	62.14	72.75	88.79
2	166.86	199.16	238.37	41.02	51.93	58.58
1	182.58	218.26	264.56	15.72	19.1	26.19



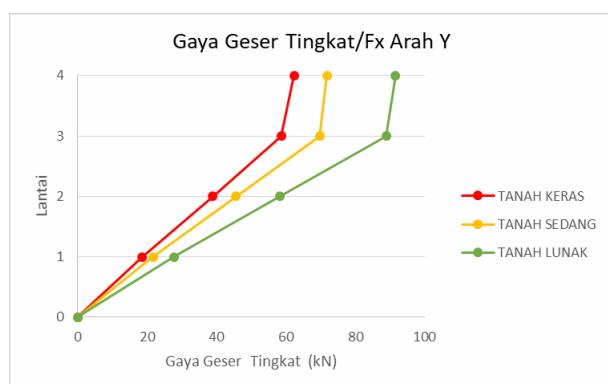
Gambar 4.11 Grafik gaya geser tingkat arah x

2. Gaya geser tingkat arah y

Gaya geser tingkat pada arah y yang paling besar terjadi pada tingkat 4 pada masing-masing kondisi tanah yang berbeda. Sedangkan untuk struktur yang mengalami gaya geser tingkat yang paling besar terjadi pada jenis tanah lunak. Hal ini dapat dilihat dalam tabel dan diagram dibawah ini.

Tabel 4.11 Gaya geser tingkat arah y

Lantai	Gaya Geser tiap lantai Arah Y			Gaya Geser Tingkat (Fy)		
	Tanah Keras /C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E	Tanah Keras /C	Tanah Sedang/D	Tanah Lunak/E
4	62.37	71.78	91.61	62.37	71.78	91.61
3	121.07	141.52	180.59	58.7	69.74	88.98
2	160	187.19	238.82	38.93	45.67	58.23
1	178.61	208.87	266.54	18.61	21.68	27.72



Gambar 4.12 Grafik gaya geser tingkat arah y

V. PENUTUP

Dari hasil pembahasan diatas dapat diuraikan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan, bahwa perilaku struktur komposit pada gedung yang dimodelkan dengan program SAP2000 akibat beban gempa arah x yaitu maupun y mengalami simpangan antar tingkat yang tidak melebihi dari simpangan lantai ijin sebesar 80 mm pada lantai 1 dan 72 mm pada lantai 2, 3 serta 4 dari ketiga kondisi tanah yang berbeda.

Dari ketiga jenis tanah yaitu tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak yang digunakan untuk analisis pada struktur komposit ini, struktur mengalami simpangan maksimum sebesar 79,57mm, 93,06mm, 113,65mm, simpangan antar tingkat sebesar 23,05mm, 26,96mm, 32,93mm, gaya geser dasar sebesar 182,58kN, 218,26kN, 264,56kN, serta gaya geser tingkat sebesar 63,7 kN, 74,48 kN, 91 kN. Dari ketiga jenis tanah tersebut struktur mengalami simpangan maksimum, simpangan antar tingkat, gaya geser dasar dan gaya geser tingkat dengan nilai paling besar terjadi pada kondisi tanah lunak kemudian tanah sedang dan yang paling kecil di tanah keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta : BSN.
 Badan Standar Nasional . 2013. *Persyaratan*

Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
 Jakarta : BSN.

Badan Standar Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : BSN.

Departemen Pekerjaan Umum.1983. *Pedoman Perencanaan Pembebaran untuk Rumah dan Gedung*. Bandung : Yayasan Badan Penerbit PU.

Hastomi. 2013. *Desain Struktur Beton Dengan SRPMK*.

<https://hastomiaf.wordpress.com/2013/09/28/desain-struktur-beton-dengan-srpmk-22/>. (Diakses tanggal tanggal 25 mei 2017).

Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia*. Jakarta: Kementerian PU.

Nawy, E.G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Universitas Katolik Parahyangan : PT Reflika Aditama.

Prihatmoko, Amdhani. 2013. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. Yogyakarta.

Soelarso, dkk. 2015. *Analisis Struktur Beton Bertulang SRPMK Terhadap Beban Gempa Statik Dan Dinamik*.

Peraturan SNI 1726 2012. Banten Widnyana, dkk. 2018. *Pengaruh Interaksi Tanah-Struktur Terhadap Perilaku dan Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang di Atas Tanah dengan Kelas Situs SC, SD, dan SE*. Bali.

Wiryadi, Gegiranang. 2018. *Modul Pelatihan Dasar Program SAP2000*. Denpasar : Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar.