

PENINJAUAN PENGARUH BEBAN GEMPA TERHADAP STRUKTUR ATAS YANG BERINTERAKSI DENGAN TANAH DENGAN JENIS PONDASI SETEMPAT (Study Kasus : Gedung Gudang Universitas Muhammadiyah Jember)

Sinta Dewi Fajarelia, Pujo Priyono, Arief Alihudien.
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : sintafajarelia@gmail.com

Abstract

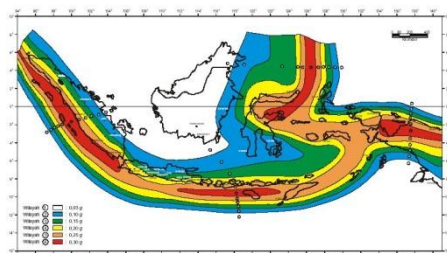
Indonesia's geological condition has earthquake potential that covers most of its territory. To reduce the risk of disaster, it needs earthquake resistant building construction. Generally in existing calculations, the calculation of earthquake loading that is assigned to the ETABS program or SAP 2000 is the result of manual data input and placed at the center of each floor by assuming the upper and lower structure (foundation) are separate. In fact, the structure and the ground (foundation) become a unity. The study was conducted by analyzing the magnitude of the reaction due to conventional analysis to be equivalent to spring by taking into account the amount of the support settlement. The results of the study showed that the momentary support of the exterior beam interaction analysis (spring) decreased for all floors. While in the field moment the beam of interaction analysis (spring) increased, and at the moment of the pedestal beam interior interaction analysis (spring) increased.

Keywords : Consolidation, Impact of earthquake loads on soil, immediate settlement.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kondisi geologis Indonesia mempunyai potensi gempa yang melingkupi sebagian besar wilayahnya, karena terletak dalam jalur gempa Pasifik dan jalur gempa Asia. Berdasarkan pembagian wilayah gempa di Indonesia menurut percepatan, kabupaten Jember merupakan wilayah gempa zona 4 yang tergolong sering terjadi gempa. Artinya, untuk kondisi tanah di Kabupaten Jember, gaya gempa yang menimpa bangunan harus direncanakan lebih besar dibanding kabupaten dengan zona wilayah gempa 3 seperti Situbondo, Probolinggo dan Pasuruan.



(Sumber: SNI 03-1726-2002)

Gambar 1.1 Pembagian Wilayah Zona Gempa Indonesia

Perencanaan gedung bertingkat harus dipikirkan dengan matang karena menyangkut investasi dana yang jumlahnya tidak sedikit. Berbagai hal perlu ditinjau yang meliputi beberapa kriteria, yaitu kekuatan,

kekakuan, dan kemampuan menerima beban. Konsep perancangan konstruksi didasarkan pada analisis kekuatan batas (*ultimate-strength*) yang mempunyai daktilitas cukup untuk menyerap energi gempa sesuai peraturan yang berlaku.

Selama ini perhitungan pembebanan gempa yang diassign ke dalam program ETABS ataupun SAP 2000 merupakan hasil input data secara manual dan diletakkan pada pusat massa setiap lantai (*upper structure*) dengan mengasumsikan eksentrisitas 0.05 atau cukup dengan mengisi nilai koefisien gempa (c) dan factor ketinggian tingkat (k) pada user koefisien dan selanjutnya gaya gempa akan dihitung secara otomatis oleh program. Padahal pada kenyataannya menjadi satu kesatuan antara struktur atas dan tanah (pondasi).

Oleh Latiasih Y dan I.B. Mochtar (2008), telah membuat suatu usulan metode perhitungan interaktif struktur pondasi di atas tanah lunak dengan menyertakan pengaruh penurunan konsolidasi jangka panjang. Akan tetapi, terhadap tinjauan pengaruh beban gempa belum dilakukan. Gelombang gempa merambat melalui bebatuan dasar bawah muka tanah. Dari kedalaman batuan dasar ini gelombang gempa tersebut kemudian merambat ke muka tanah sambil mengalami pembesaran, bergantung pada jenis lapisan

tanah yang berada di atas batuan dasar tersebut. Pembesaran tanah inilah yang harus ditentukan dengan melakukan analisis perambatan gelombang.

Sangat menarik untuk meninjau pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan tanah dengan jenis pondasi setempat untuk memprediksi perilaku struktur dan tanah berdasarkan kenyataan yang ada.

Rumusan Masalah

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh beban gempa rencana, semua unsur struktur gedung, bagian dari subsistem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung seperti rangka (portal), dinding geser, kolom, balok, lantai, lantai tanpa baick (lantai cendawan) dan kombinasinya, harus diperhitungkan memikul pengaruh beban gempa rencana. Maka dalam rumusan masalah skripsi ini, penulis akan meninjau beberapa point masalah berikut:

1. Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi langsung dengan tanah dengan jenis pondasi setempat.
2. Bagaimana cara merencanakan struktur atas yang berinteraksi dengan tanah dengan adanya beban gempa.

Batasan Masalah

Agar tidak terlalu meluas dan lebih terarah maka dalam melakukan penelitian, perlu adanya batasan masalah dalam skripsi ini meliputi :

1. Perencanaan struktur utama seperti balok dan kolom dirancang menanggung beban gempa.
2. Dalam proses peninjauan ini penulis menggunakan program bantu SAP 2000 V.15.
3. Tidak menghitung RAB.
4. Proses analisa mengikuti gambar bestek yang sudah ada.

5. Bangunan yang ditinjau adalah gedung gudang Universitas Muhammadiyah Jember.
6. Perhitungan di wilayah gempa zona 4.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dapat disampaikan dalam karya tulis skripsi ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi langsung dengan tanah dengan jenis pondasi setempat.
2. Menentukan cara merencanakan struktur atas yang berinteraksi dengan tanah dengan adanya beban gempa.

Manfaat Penelitian

Studi perencanaan ini diharapkan juga bermanfaat bagi penulis, bidang konstruksi, bidang tanah, dan bermanfaat untuk pembaca. Adapun manfaat yang diharapkan adalah :

1. Penulis
Studi perencanaan ini merupakan suatu kesempatan bagi penulis untuk menerapkan teori-teori dan literatur yang penulis peroleh di bangku perkuliahan, dan mencoba membandingkan dengan praktek yang ada dilapangan. Dengan demikian akan menambah pemahaman penulis dalam bidang ketekniksipilan khususnya di bidang struktur dan di bidang tanah.
2. Bidang Teknik Sipil
Hasil perencanaan ini dapat dijadikan sebagai bahan masukan yang dapat digunakan sebagai acuan untuk terus meningkatkan perkembangan bidang konstruksi dimasa yang akan datang.
3. Pembaca
Studi ini dapat digunakan sebagai bahan perbandingan dan referensi dalam melakukan perencanaan

dengan objek ataupun masalah yang sama dimasa yang akan datang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data Gedung

Nama gedung : Gedung Gudang Universitas Muhammadiyah Jember

Fungsi gedung : Gudang

Lokasi : Universitas Muhammadiyah Jember

Luas bangunan : 300 m^2

Panjang Gedung : 15 m

Lebar Gedung : 20 m

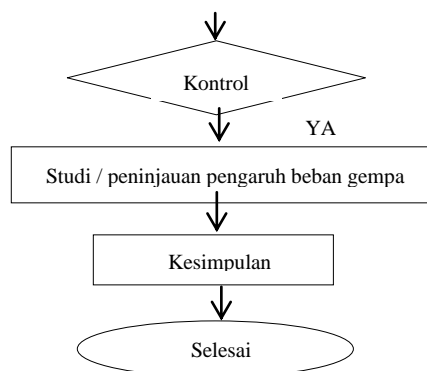
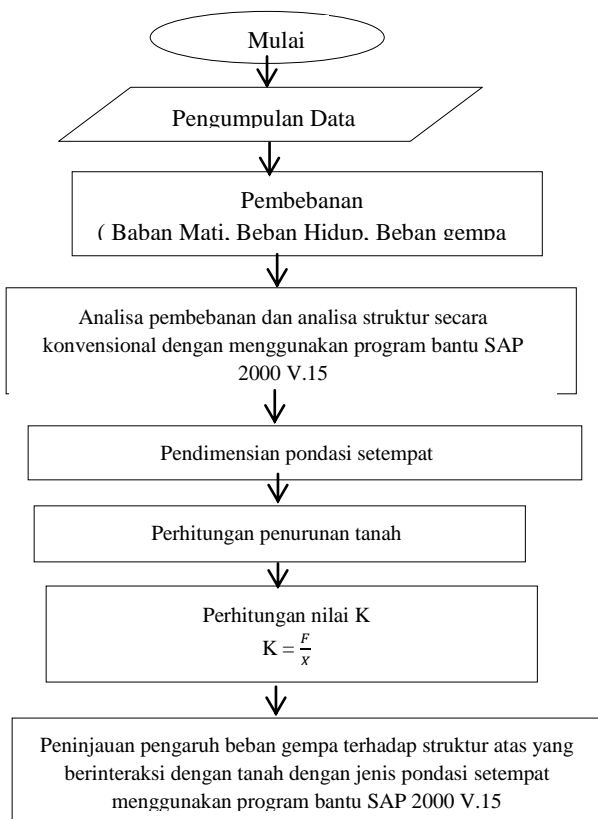
Zona Gempa : 4

Jumlah lantai : 3 lantai

Tinggi antar lantai : 4 m

Jenis konstruksi: Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Diagram Alur Penelitian



Peraturan yang di pakai

1. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847-2013
2. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung, SNI 03-1726-2002.
3. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, SNI 1726-2012

3. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini model struktur gedung dihitung menggunakan SAP 2000 V15 untuk mengetahui pengaruh beban gempa yang terjadi pada gedung yang berinteraksi dengan tanah. Model struktur gedung diberikan beban gravitasi yaitu beban mati dan beban hidup, dan beban lateral yaitu beban gempa. Analisis yang didapatkan untuk meninjau pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan tanah dengan jenis pondasi setempat.

Perhitungan Pembebanan

Dari Etabs didapat nilai $F_z (P)$, M_x dan M_y

4.4.1 Kombinasi beban untuk metoda ultimit

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban2 terfaktor dengan kombinasi sebagai berikut :

1. $1,2 D + 1,6 L$
2. $1,2 D + L + Q$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

Q = Beban Gempa

Perhitungan :

Pada Base 1

FZ

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 1} &= 1,2 \times 26070,04 + 1,6 \times 1627,05 \\ &= 33887,33 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 2} &= 1,2 \times 26070,04 + 1627,05 + 15584,22 \\ &= 48495,32 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Mx

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 1} &= 1,2 \times 190,83 + 1,6 \times 76,45 \\ &= 351,316 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 2} &= 1,2 \times 190,83 + 76,45 + 7266,15 \\ &= 7571,596 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

My

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 1} &= 1,2 \times 1430,94 + 1,6 \times 75,05 \\ &= 637,208 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

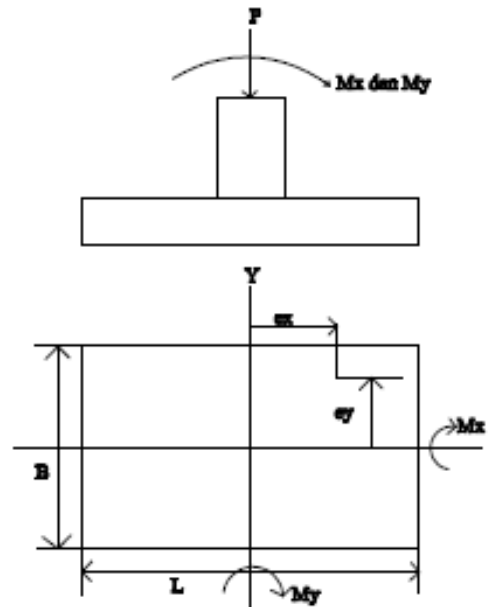
$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 2} &= 1,2 \times 1430,94 + 75,05 + 9027,84 \\ &= 9620,84 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Pendimensian Pondasi Setempat

Pondasi setempat atau yang lebih dikenal dengan pondasi tapak adalah pondasi yang dibentuk papan/telapak. Pondasi ini biasanya digunakan sebagai tumpuan struktur kolom, khususnya untuk bangunan bertingkat. Agar bisa meneruskan beban ke lapisan tanah keras di bawahnya dengan baik, dimensi pondasi tapak sengaja dibuat lebih besar daripada ukuran kolom di atasnya.

Tekanan tanah untuk pondasi telapak dengan eksentrisitas terhadap kedua sumbu dapat dihitung, bila tidak terjadi peminsahan pondasi telapak, sebagai :

$$q = \frac{P}{BL} \left(1 \pm \frac{6 ex}{L} \pm \frac{6 ey}{B} \right)$$



Gambar 4.4 tempat letak resultan bila ada momen terhadap kedua sumbu x dan y. Jika kedua $e > L/6$ hanya sebagian pondasi telapak tersebut yang efektif.

Dimana :

M_x = momen terhadap sumbu y ;
 $e_x = M_y/P$

M_y = momen terhadap sumbu x ;
 $e_y = M_x/P$

Dicoba

$B = 150 \text{ cm}$

$L = 150 \text{ cm}$

$$e_x = M_y/P = 9620,84/48495,32 = 0,19837$$

$$e_y = M_x/P = 7571,596/48495,32 = 0,15613$$

$$q'1 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{48495,32}{150 \cdot 150} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,19837}{150} + \frac{6 \cdot 0,15613}{150} \right)$$

$$= 1,527460043$$

$$q'2 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{48495,32}{150 \cdot 150} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,19837}{150} - \frac{6 \cdot 0,15613}{150} \right)$$

$$= 1,508648$$

$$q'3 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{48495,32}{150 \cdot 150} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,19837}{150} + \frac{6 \cdot 0,15613}{150} \right)$$

$$= 1,503559$$

$$q'4 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{48495,32}{150 \cdot 150} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,19837}{150} - \frac{6 \cdot 0,15613}{150} \right)$$

$$= 1,484747$$

Sehingga didapat $q_{\max} = q'1 = 1,527460043$

4.5.1 Daya Dukung Menggunakan Uji Sondir

Untuk pondasi bujur sangkar (setempat) dengan jenis tanah lempung didapat rumus :

$$q_{\text{ijin}} = 5 + 0,34 \cdot q_c$$

$$= 5 + 0,34 \cdot 30$$

$$= 15,2 \text{ kg/cm}^2$$

Catatan : nilai q_c didapat dari data sondir dengan perencanaan kedalaman pondasi sedalam 2 m.

Sehingga

$$q_{\text{ult}} = q_{\text{ijin}} \times 2 \times 0,60$$

$$= 15,2 \times 2 \times 0,60$$

$$= 18,24 \text{ Kg/cm}^2$$

Dimensi pondasi setempat dikatakan aman apabila q_{ult} lebih besar dari q'_{\max} .

Jadi $q_{\text{ult}} = 18,24 > q' = 2,165319726$ -----
 ---→ OK

4.6 Perhitungan Penurunan

Untuk menghitung kemungkinan penurunan di lapangan, maka untuk kombinasi pembebanan tidak perlu dikalikan dengan nilai faktor beban.

1. $D + L$
2. $D + L + Q$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

Q = Beban Gempa

4.6.1 Analisis Penurunan

Analisis penurunan dimaksudkan untuk memperkirakan penurunan suatu konstruksi sebagai akibat tanah yang mengalami konsolidasi. Pada umumnya tanah lempung besar penurunannya yang harganya jauh lebih besar kalau dibandingkan dengan pasir atau lanau.

4.6.2 Penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi primer satu dimensi

Dengan data yang didapat dari analisis hasil uji konsolidasi, dapat menghitung kemungkinan penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi primer dilapangan, dengan menganggap bahwa konsolidasi tersebut adalah satu-dimensi.

Persamaan yang didapat adalah :

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

Untuk lempung yang terkonsolidasi secara normal dimana e versus log p merupakan garis lurus, maka:

$$\Delta e = C_c (\log (p_0 + \Delta p) - \log p_0)$$

Sehingga didapat persamaan sebagai berikut :

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \right)$$

Dimana :

eo = angka pori

H = kedalaman pondasi

Cc = kemiringan kurva e versus log p dan didefinisikan sebagai “indeks pemampatan” (*compression indeks*).

| Persamaan | Acuan | Daerah pemakaian |
|------------------------|----------|---|
| Cc = 0,007 (LL - 7) | Skempton | Lempung yang terbentuk kembali (remolded) |
| Cc = 0,01 | WN | Lempung Chicago |
| Cc = 1,15 (eo - 0,27) | Nishida | Semua lempung Tanah kohesif anorganik: lanau, lempung berlanau, |
| Cc = 0,30 (eo - 0,27) | Hough | lempung Tanah organik, gambut, lanau organik, dan lempung |
| Cc = 0,0115 WN | | |
| Cc = 0,0046 (LL - 9) | | Lempung Brazilia |
| Cc = 0,75 (eo - 0,5) | | Tanah dengan plastisitas rendah |
| Cc = 0,208 eo + 0,0083 | | Lempung Chicago |
| Cc = 0,156 eo + 0,0107 | | Semua lempung |

Sumber: *Mekanika Tanah 1*

Perhitungan Pada Base 1:

FZ

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 1} &= 26070,04 + 1627,05 \\ &= 27697,09 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

MX

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi 1} &= 190,83 + 76,45 \\ &= 267,28 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

MY

$$\text{Kombinasi 1} = 430,94 + 75,05$$

$$= 505,99 \text{ Kg/m}$$

$$e_x = My/P$$

$$= 505,99/27697,09$$

$$= 0,01826871$$

$$e_y = Mx/P$$

$$= 267,28/27697,09$$

$$= 0,00965$$

$$\text{Dengan : } B = 150 \text{ cm}$$

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$q'1 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{27697,09}{150 \cdot 150} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,01826871}{150} + \frac{6 \cdot 0,00965}{150} \right)$$

$$= 1,23235648$$

$$q'2 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{27697,09}{150 \cdot 150} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,01826871}{150} - \frac{6 \cdot 0,00965}{150} \right)$$

$$= 1,23140615$$

$$q'3 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{27697,09}{150 \cdot 150} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,01826871}{150} + \frac{6 \cdot 0,00965}{150} \right)$$

$$= 1,2305574$$

$$q'4 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= \frac{27697,09}{150 \cdot 150} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,01826871}{150} - \frac{6 \cdot 0,00965}{150} \right)$$

$$= 1,2296071$$

Sehingga didapat q rata-rata =

$$\frac{q'1+q'2+q'3+q'4}{4}$$

$$= \frac{1,23235648+1,23140615+1,2305574+1,2296071}{4}$$

$$= 1,230981778$$

$$P_o = 0,5 H x (\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$P_o = 0,5 \times 2 \times (1,69 - 1)$$

$$= 0,69$$

$$\Delta P = q \text{ rata-rata} \times l_o$$

$$= 1,230981778 \times (4 \times 0,18)$$

$$= 0,88630688$$

$$C_c = 0,156 \times 1,45 + 0,0107$$

$$= 0,2369$$

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right)$$

$$= \frac{0,2369 \times 2}{1 + 1,45} \log \left(\frac{0,69 + 0,88630688}{0,69} \right)$$

$$= 0,069385918 \text{ m}$$

4.6.3 Penurunan Segera Berdasarkan Bentuk Pondasi

$$S_i = \frac{qB}{E} (1 - \nu^2) I_s$$

Dalam hal ini:

S_i = penurunan segera (*immediate settlement*)

I_s = faktor pengaruh bentuk pondasi

Harga-harga Is untuk bermacam-macam bentuk pondasi

| | Pondasi fleksibel | | | |
|------------------|-------------------|-------|-----------|------|
| | Pusat | Sudut | Rata-rata | |
| Bujur sangkar | 1.12 | 0.56 | 0.95 | 0.82 |
| Lingkaran | 1.00 | 0.64 | 0.85 | 0.88 |
| Persegi : L/B | | | | |
| 1.50 | 1.36 | 0.68 | 1.20 | 1.06 |
| 2.00 | 1.53 | 0.77 | 1.31 | 1.20 |
| 5.00 | 2.10 | 1.05 | 1.83 | 1.70 |
| 10.00 | 2.52 | 1.26 | 2.25 | 2.20 |
| 100.00 | 3.38 | 1.69 | 2.96 | 3.40 |

| | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-------|----------|
| - Sangat padat | 100 - 300 | 00 - 00 | 4 - 7 | 144 - 80 |
| Loess | 300 - 0 | 120 | 1 - 4 | 57 |
| Pasir kelanauan | - | - | - | - |
| - Lepas | 150 - 450 | 100 - 170 | 7 - 4 | 21 - 24 |
| - Padat | 0 - 0 | 0 | 8 | 81 |
| Pasir dan Kerikil | | | | |
| - Lepas | 100 - 300 | 0 - 0 | 4 - 8 | 144 |
| - Padat | 200 - 400 | 0 - 0 | 9 - 6 | 192 |
| Shale (Semacam batu) | 300 - 300 | 0 - 000 | 4 - 4 | 144 - 00 |
| Lumpur/lana | 40 - 400 | | 2 - 2 | 20 |

Sumber: Mekanika Tanah 2

Harga modulus elastisitas tanah Young

| Jenis tanah | Modulus elastisitas tanah (E) | |
|-------------------|---------------------------------|---------|
| | Ksf | Mpa |
| Lempung | | |
| - Sangat lunak | 50 - 250 | 2 - 15 |
| - Lunak | 100 - 500 | 5 - 25 |
| - Sedang | 100 - 200 | 5 - 50 |
| - Keras | 300 - 0 | 5 - 100 |
| Lempung kepasiran | 0 - 500 | 0 - 250 |
| Tanah glasial | | |
| - Lepas | 200 - 320 | 0 - 1 |
| - Padat | 300 - 150 | 4 - 720 |

Hubungan harga-harga: E, e dan v

| Jenis tanah | Angka Poisson | Angka pori = (e) | | |
|--------------|-------------------------|--------------------|---------|---------|
| | | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| | Sifat-sifat tanah | 1 - 0,5 | 1 - 0,6 | 1 - 0,7 |
| Pasir kasar | | 0 | 0 | 0 |
| v = 0. | E (lb/in ²) | 43 | 40 | 38 |
| = 15 | E (kN/m ²) | 6.5 | 5.7 | 4.7 |
| Pasir sedang | | 50 | 00 | 00 |
| v = 20 | | 45. | 39. | 32. |
| Pasir | | 200 | 300 | 400 |
| | | 40 | 38 | 35 |
| | | 6.5 | 5.7 | 4.7 |
| | | 50 | 00 | 00 |
| | | 45. | 39. | 32. |
| | | 200 | 300 | 400 |
| | | 38 | 36 | 32 |

| | | | | |
|-----------|------|-----|-----|-----|
| halus | | | | |
| 0. | | 5.3 | 4.0 | 3.4 |
| v = 25 | | 00 | 00 | 00 |
| | | 36. | 27. | 23. |
| | | 600 | 000 | 500 |
| Lantau | | | | |
| kepasiran | | 36 | 34 | 30 |
| 0. | 0. | 2.0 | 1.7 | 1.4 |
| v = 30 | - 35 | 0 | 00 | 50 |
| | | 13. | 11. | 10. |
| | | 800 | 100 | 000 |

Sumber: Mekanika Tanah 2

Perhitungan :

Pada Base 1

FZ

$$\text{Kombinasi 2} = 26070,04 + 1627,05 + 15584,22$$

$$= 43281,31 \text{ Kg/m}$$

Mx

$$\text{Kombinasi 2} = 190,83 + 76,45 + 7266,15$$

$$= 7533,43 \text{ Kg/m}$$

My

$$\text{Kombinasi 2} = 430,94 + 75,05 + 9027,84$$

$$= 9533,83 \text{ Kg/m}$$

Dengan :

$$B = 150 \text{ cm}$$

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$e_x = M_y/P = 9533,83/43281,31 = 0,220275911$$

$$e_y = M_x/P = 7533,43/43281,31 = 0,174057347$$

$$q'1 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= 43281,31/150.150 \left(1 + 6 \times 0,220275911/150 + 6 \times 0,174057347/150 \right)$$

$$= 1,95395557 \text{ Kg/m}^2$$

$$q'2 = \frac{P}{BL} \left(1 + \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= 43281,31/150.150 \left(1 + 6 \times 0,220275911/150 - 6 \times 0,174057347/150 \right)$$

$$= 1,927170044 \text{ Kg/m}^2$$

$$q'3 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} + \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= 43281,31/150.150 \left(1 - 6 \times 0,220275911/150 + 6 \times 0,174057347/150 \right)$$

$$= 1,920057511 \text{ Kg/m}^2$$

$$q'4 = \frac{P}{BL} \left(1 - \frac{6 e_x}{L} - \frac{6 e_y}{B} \right)$$

$$= 43281,31/150.150 \left(1 - 6 \times 0,220275911/150 - 6 \times 0,174057347/150 \right)$$

$$= 1,893271982 \text{ Kg/m}^2$$

Sehingga didapat q rata-rata =

$$\frac{q'1+q'2+q'3+q'4}{4}$$

=

$$\frac{1,95395557+1,927170044+1,920057511+1,893271982}{4}$$

=

$$1,92361378 \text{ kg/m}^2$$

$$S_i = \frac{qB}{E} (1 - \nu^2) I_s$$

$$= 1,92361378 \times (150/1000) / 15 (1 - 0,35^2) \times 0,95$$

$$= 0,016035725 \text{ m}$$

Sehingga didapat total hasil = $S_c + S_i$

$$0,069385918 + 0,016035725 =$$

$$0,085421643 \text{ m}$$

$$= 0,9 \times (200^2) / 0,0006$$

$$= 600.000 \text{ s}$$

Sehingga penurunan yang terjadi adalah :

$$= t / \text{waktu dalam setahun}$$

$$= 600000 / (60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan})$$

$$= 1,929012346 \text{ tahun}$$

Modulus Reaksi Tanah Dasar K

Modulus reaksi tanah dasar adalah suatu hubungan konsep pengertian di antara tekanan tanah dan lendutan yang banyak sekali digunakan di dalam analisis konstruksi pondasi. Sehingga persamaan dasarnya adalah :

$$K_s = (q \text{ rata-rata} \times B \times L) / S_{\text{tot}}$$

$$= (1,92361378 \times 1,5 \times 1,5) / 0,085421643$$

$$= 50,667 \text{ kg/m}$$

Waktu Penurunan

Wheelless dan Sowers menyarankan bahwa bertambahnya kecepatan konsolidasi yang terjadi mungkin disebabkan terutama oleh adanya lapisan-lapisan pasir yang tipis dan tidak teratur di dalam lapisan lempung yang menunjukkan bahwa derajat konsolidasi rata-rata adalah berhubungan dengan faktor waktu T_v . (*Mekanika Tanah 1*)

$$t = T_v \cdot H_{dr}^2 / C_v$$

Dimana :

t = waktu

T_v = derajat konsolidasi rata-rata

C_v = Koefisien Konsolidasi

$$t = T_v \cdot H_{dr}^2 / C_v$$

$$= 0,9 \times ((2 \times 100)^2) / 6 \times 10^{(-4)}$$

Analisa

Dengan perhitungan interaktif struktur pondasi yang menyertakan pengaruh penurunan segera (*immediate settlement*) dan penurunan konsolidasi dicoba diterapkan pada struktur dengan lebar bangunan 20 m, dengan jarak kolom 5 m dan umlah tingkat 3 struktur ini dicoba dengan metode memasukkan penurunan (*settlement*) dan juga dengan metode konvensional. Diharapkan dengan membandingkan kedua metode ini, maka dapat diketahui besarnya penurunan (*settlement*) dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur. Sehingga bisa direncanakan gedung yang memperhatikan penurunan (*settlement*) yang terjadi.

Setelah diadakan perhitungan dengan kedua metode maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Konvensional adalah metode yang tidak memasukkan penurunan pada perhitungan strukturnya.
- Spring adalah metode yang memasukkan penurunan (*settlement*) pada perhitungan strukturnya.

Hasil perhitungan momen pada balok lantai 2 dengan kedua metode

| | Konvensional | Spring | rasio (%) |
|--|--------------|--------|-----------|
| | KN-m | KN-m | M0/M' |

| | M tu m p. ki | M l a p. ka | M t u m p. ka | M t u m p. ki | M l a p. ka | M t u m p. ka | Mt u m p.k i | M l a p. | Mt u m p.k a |
|---|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| | | 6 8 . 8 3 2 | | 5. 2 1 4 0 | 9 3 . 2 5 2 | | | 73 .8 12 89 41 | |
| + | 1 2 . 2. 4 4 - 1 | | 8 . 4. 6 8 2 | | | | 1 4 15 41. 5 88 38 94 | | 58. 17 50 98 24 |

Hasil perhitungan momen pada balok lantai 3 dengan kedua metode

| | Konvensio nal | | Spring | | | rasio (%) | | |
|---|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|-------------------|-----------------------------|
| | KN-m | | KN-m | | | M0/M' | | |
| | M tu m p. ki | M l a p. ka | M t u m p. ka | M l a p. ki | M t u m p. ka | Mt u m p.k i | M l a p. | Mt u m p.k a |
| | | 6 9 . 5 0 8 | | 8. 3 1 8 6 0 | 9 1 . 8 6 5 | | | 75 .6 63 20 14 |
| + | 1 1 5. 3 2 - 8 | | 8 . 0. 9 8 5 | | | 1 6 24 55. 2 35 44 82 | | 48. 69 96 00 11 |

Hasil perhitungan gaya geser pada balok lantai 2 dengan kedua metode

| | Konvensio nal | | Spring | | | rasio(%) | |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| | KN | | KN | | | M0/M' | |
| | Tu mp. ki | Tu mp. ka | Tu mp. ki | Tu mp. ka | Tu mp. ki | Tu mp. ka | |
| | | | | | | | |

| | mp. ki | mp. ka | mp. ki | mp. ka | mp. ki | p.ka |
|---|-----------------|------------|------------|-------------|------------------|--------------------|
| + | | 80.6 75 | | 108. 385 | | 74.43 3731 6 |
| - | 111 .77 8 | | 72. 753 | | 153. 640 4 | |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Gaya geser yang terjadi pada balok lantai 3 dapat dilihat pada tabel 4.9

Hasil perhitungan gaya geser pada balok lantai 3 dengan kedua metode

| | Konvensio nal | | Spring | | rasio(%) | |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | KN | | KN | | M0/M' | |
| | Tu mp. ki | Tu mp. ka | Tu mp. ki | Tu mp. ka | Tu mp. ki | Tu mp. ka |
| | | 80.7 60 | | 117. 836 | | 68.53 5931 3 |
| + | | | | | 157. 373 7 | |
| - | 112. 549 | | 71.5 17 | | | |

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4. PENUTUP

Kesimpulan

Dari uraian-uraian yang telah dikemukakan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Peninjauan pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan tanah dengan jenis pondasi setempat dianalisa dengan membandingkan gaya-gaya dalam pada kedua metode sebagai berikut:

- a. Pada lantai 2 Momen tumpuan eksterior kondisi spring mengalami penurunan sebesar 1541,883 %, pada momen lapangan mengalami

- kenaikan sebesar 73,813 % dan pada momen tumpuan interior mengalami kenaikan sebesar 58,175 %.
- b. Pada lantai 3 momen tumpuan eksterior kondisi spring mengalami penurunan sebesar 2455,355 %, pada momen lapangan mengalami kenaikan sebesar 75,663 % dan pada momen tumpuan interior mengalami kenaikan sebesar 48,669 %.
 - c. Gaya geser yang terjadi di lantai 2 pada tumpuan eksterior kondisi spring mengalami penurunan sebesar 153,6404 % dan pada tumpuan interior mengalami kenaikan sebesar 74,434 %.
 - d. Gaya geser yang terjadi di lantai 3 pada tumpuan eksterior kondisi spring mengalami penurunan sebesar 157,374 % dan pada tumpuan interior mengalami kenaikan sebesar 68,536 %.

Dari uraian perbandingan gaya-gaya dalam diatas, dapat disimpulkan bahwa pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan tanah (pondasi) menghasilkan momen dan gaya geser yang jauh lebih besar.

2. Dengan hasil analisa yang menunjukkan bahwa momen yang dan gaya geser yang dihasilkan jauh lebih besar, maka untuk perencanaan selanjutnya bisa ditambah agar perencanaan lebih kuat dan menghasilkan momen yang lebih kecil.

Saran

Gedung bertingkat berpondasi dangkal yang dibangun diatas tanah yang dapat dimampatkan (*compressible*) tidak

boleh dihitung dengan metode konvensional, perhitungan struktur harus memperhitungkan interaksi tanah struktur, karena momen dan gaya geser yang terjadi sesungguhnya jauh lebih besar.

Untuk perencanaan gedung bertingkat dengan pondasi dangkal diatas tanah lunak perhitungan struktur bisa mengubah pondasi dangkal menggunakan pondasi dalam.

Penelitian selanjutnya bisa mengkaji pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan tanah pada balok bentang panjang dan balok bentang pendek.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. *Analisis Dan Desain Pondasi* Jilid I. Alih Bahasa Pantur Silababan, Ph.D. Penerbit Erlangga Jakarta, 1988.
- Braja M. Das. *Mekanika Tanah* Jilid I. Alih bahasa Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc., Ph.D. dan Ir. Indrasurya B. Mochtar M.Sc., Ph.D. Penerbit Erlangga Jakarta, 1988.
- Djarmiko Soedarmo, G, Ir. dan Edy Purnomo, S.J, Ir. *Mekanika Tanah 2*.
- Latiasih Y dan I. B. Mochtar. *Usulan Metode Perhitungan Interaktif Struktur Pondasi Di Atas Tanah Lunak dengan Menyertakan Pengaruh Penurunan Konsolidasi Jangka Panjang*.Jurnal, 2008.
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013.
- Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002.
- Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012.