

PERHITUNGAN GAYA GESER PADA BANGUNAN BERTINGKAT YANG BERDIRI DI ATAS TANAH MIRING AKIBAT GEMPA DENGAN CARA DINAMIS

Fillino Erwinsyah

R.Windah, S.O. Dapas, S.E. Wallah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email: FillinoErwinsyah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengaruh gempa pada struktur bangunan biasanya dimodelkan dengan terjadinya gaya geser yang bekerja pada dasar bangunan yang disebut sebagai gaya geser dasar (base shear). Besarnya gempa yang bekerja sangat mempengaruhi gaya geser dasar yang terjadi pada struktur bangunan. Apalagi jika struktur bangunan memiliki kekakuan kolom yang besar.

Struktur bangunan yang memiliki variasi nilai kekakuan kolom karena bertumpu pada kemiringan tanah tertentu dan berada pada wilayah gempa 5 menurut SNI dengan kondisi tanah lunak dianalisa dengan menggunakan metode spektrum respon untuk mengetahui gaya geser yang terjadi pada struktur bangunan tersebut.

Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa pada struktur bangunan yang memiliki kekakuan kolom paling besar, biasanya pada saat gempa akan memikul gaya geser yang paling besar.

Kata kunci: Gaya geser, kemiringan tanah

PENDAHULUAN

Keterbatasan lahan, tuntutan artistik (keindahan), kemajuan ilmu teknologi, melahirkan bangunan-bangunan bertingkat. Dalam perencanaan bangunan bertingkat terkadang para arsitektur membentuk suatu struktur yang rumit karena mementingkan segi artistiknya. Hal ini sangat menyulitkan dalam mendisain komponen pembentuk struktur, terutama bila suatu struktur/bangunan mengalami gempa. Pengaruh gempa sangat besar dan merupakan faktor utama penyebab terjadinya kegagalan pada struktur bangunan terutama lantai dasar. Karena pada dasarnya struktur direncanakan terhadap beban gravitasi.

Untuk itu perancangan bangunan sipil harus memenuhi konsep bangunan tahan gempa, yaitu :

1. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tetap berdiri dan tidak mengalami kerusakan.
2. Bila terjadi gempa menengah, bangunan tetap berdiri dan hanya mengalami sedikit kerusakan. Dimana kerusakan yang diakibatkan gempa masih dapat diperbaiki.
3. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan namun

tidak runtuh secara tiba-tiba. Sehingga saat terjadi gempa, penghuni gedung masih bisa menyelamatkan diri.

Bila suatu bangunan bertingkat mengalami gempa, maka bangunan tersebut akan bergerak baik dalam arah vertikal maupun arah horisontal (bolak-balik). Kedua bentuk gerak diatas, yang paling membahayakan (penyebab terjadinya kegagalan pada struktur) adalah gerak horisontal, gerak ini menyebabkan struktur mengalami deformasi horisontal atau simpangan. Besarnya gaya gempa yang bekerja sangat mempengaruhi gaya geser dasar yang terjadi pada struktur bangunan. Apalagi jika struktur bangunan berdiri di atas tanah yang memiliki kemiringan tertentu. Biasanya struktur yang memiliki kolom pendek akan mengalami kegagalan struktur yang paling besar.

TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan di atas, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah menghitung simpangan, ragam, gaya geser tingkat serta pola distribusinya yang terjadi pada struktur bangunan bertingkat akibat gempa yang berdiri di atas tanah yang memiliki kemiringan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibuat dalam bentuk studi literatur dengan menerapkan beberapa rumus yang ada pada beberapa literatur. Untuk membatasi ruang lingkup masalah, maka dibuat pembatasan-pembatasan maupun asumsi-asumsi dasar yang dapat memudahkan penurunan rumus.

Menyederhanakan model struktur yang rumit, serta menunjang pemakaian waktu yang efisien. Disamping itu akan dibuat contoh-contoh penyelesaian secara manual.

PROSEDUR PERHITUNGAN

Adapun tahapan-tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan berat bangunan tiap lantai (W).

$$m = \frac{W}{g}$$

2. Menghitung massa tiap lantai (m).

3. Menghitung kekakuan lateral (k).

$$k_i = \frac{12EI}{L^3}$$

4. Menyusun massa dan kekakuan lateral dalam bentuk matriks.

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & m_n \end{bmatrix};$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & -k_n \\ 0 & 0 & -k_n & k_n \end{bmatrix}$$

5. Menyelesaikan persamaan Eigen Problem.

$$[K] - \omega^2[M] = 0$$

6. Menghitung frekuensi natural (ω).

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

7. Mencari nilai normal modes (ϕ_{ij})

$$\{[K] - \omega^2[M]\} \{\phi\}_i = 0$$

8. Menentukan faktor respons gempa (C) dengan menghitung periode getar (T) terlebih dahulu.

$$T = \frac{2.\pi}{\omega}$$

9. Menghitung partisipasi mode (Γ_j).

$$\Gamma_j = \frac{P_j}{M_j} = \frac{\{\phi\}_j [M]}{\{\phi\}_j^T [M] \{\phi\}_j}$$

10. Menghitung simpangan horisontal kontribusi tiap mode (Y_{ij}).

$$Y_{ij} = \phi_{ij} \Gamma_j \frac{C_j g}{\omega_j^2}$$

11. Menghitung simpangan horisontal tingkat (Y_i).

$$Y_i = \sqrt{\sum_{j=0}^n (Y_{ij})^2}$$

12. Menghitung gaya horisontal yang bekerja pada setiap massa akibat kontribusi tiap mode (F_{ij}).

$$F_{ij} = M_i \phi_{ij} \Gamma_j C_j g$$

13. Menghitung gaya horisontal tingkat (F_i).

$$F_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n F_{ij}}$$

14. Menghitung gaya geser mode (V_{ij}).

$$V_{ij} = \sum_{i=1}^m F_{ij}$$

15. Menghitung gaya geser tingkat (V_i).

$$V_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij})^2}$$

STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini ada 4 variasi dimana setiap variasi akan ditinjau bangunan 10 lantai yang berdiri di atas tanah yang memiliki kemiringan 5⁰, 10⁰, 15⁰, kecuali untuk variasi pertama hanya akan ditinjau bangunan 10 lantai yang berdiri di atas tanah datar. Untuk lebih jelasnya adapun data-data struktur lainnya sebagai berikut:

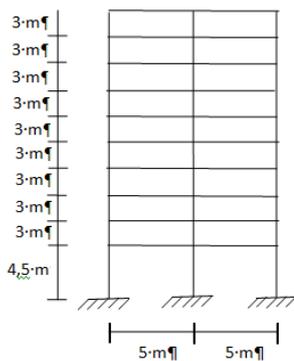
- Ukuran balok : 40/50 cm
- Ukuran kolom : 60/60 cm
- Tebal plat : 12 cm
- Elastisitas beton : 235000 kg/cm²
- Percepatan gravitasi : 9,81 m/dt²
- Fungsi bangunan : kantor
- Wilayah gempa : 5
- Jenis tanah : tanah lunak

Pada penelitian ini yang akan dianalisa adalah bangunan dengan perilaku *shear building*. Bangunan *shear building* adalah struktur bangunan dimana lantai-lantai tingkatnya dianggap sangat kaku dibandingkan kolom-kolomnya karena balok-balok portal disatukan secara monolit oleh plat lantai, sehingga simpangan massa dianggap hanya terjadi kearah horisontal saja tanpa adanya puntiran.

Dengan anggapan tersebut maka portal seolah-olah menjadi bangunan yang bergoyang akibat gaya lintang saja (lentur balok dianggap tidak ada) atau bangunan yang pola goyongannya didominasi oleh geser (*shear mode*). Dengan perilaku *shear building*, maka pada setiap tingkat hanya akan mempunyai satu derajat kebebasan. Jadi pada portal bangunan yang mempunyai n-tingkat berarti akan mempunyai n-derajat kebebasan.

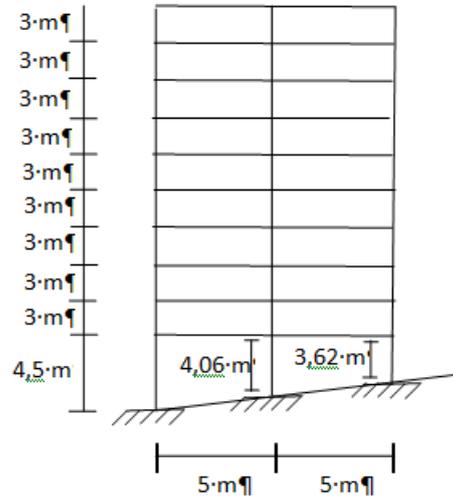
Pada penelitian ini bangunan yang berdiri di atas tanah miring memiliki kolom pendek dimana saat terjadinya gempa bumi, bangunan yang memiliki kolom pendek akan mengalami kerusakan parah dibandingkan kolom panjang. Hal ini terjadi karena saat terjadinya gempa bumi kolom pendek yang lebih kaku dibandingkan dengan kolom panjang memikul kekuatan gempa yang lebih besar. Jika kolom pendek tidak dirancang untuk memikul kekuatan gempa tersebut, maka kolom pendek akan mengalami kerusakan yang signifikan selama terjadinya gempa bumi. Kerusakan pada kolom ini biasanya disebut dengan kegagalan geser.

Berikut adalah gambar dan hasil analisa pola distribusi gaya geser pada kolom dasar untuk masing-masing variasi.



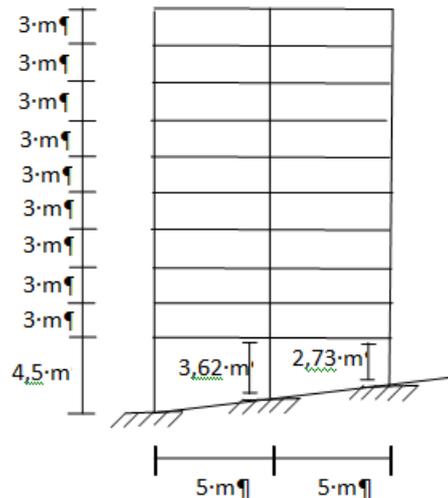
Gambar 1. Struktur bangunan untuk variasi pertama

Hasil perhitungan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 sama besar yaitu sebesar 33,33 %, 33,33 %, 33,33 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



Gambar 2. Struktur bangunan variasi kedua dengan kemiringan tanah 5°

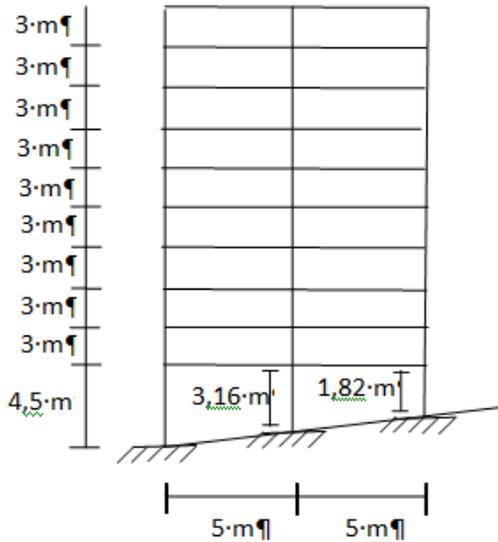
Hasil perhitungan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 23,33 %, 31,79 %, 44,85 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



Gambar 3. Struktur bangunan variasi kedua dengan kemiringan tanah 10°

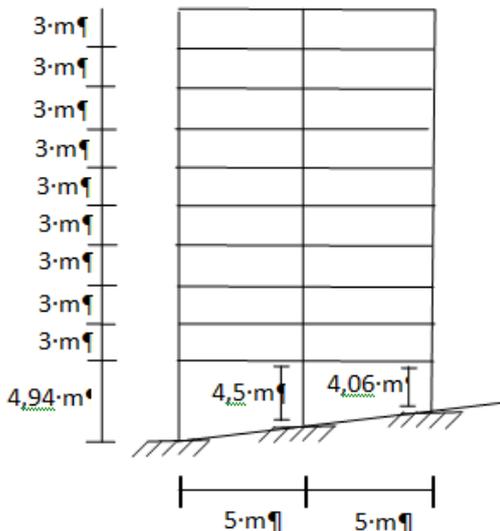
Hasil perhitungan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar

13,51 %, 25,96 %, 60,52 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



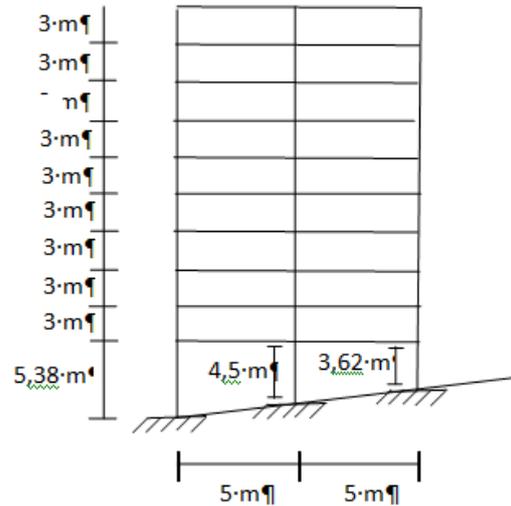
Gambar 4. Struktur bangunan variasi kedua dengan kemiringan tanah 15°

Hasil perhitungan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 5,26 %, 15,19 %, 79,54 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



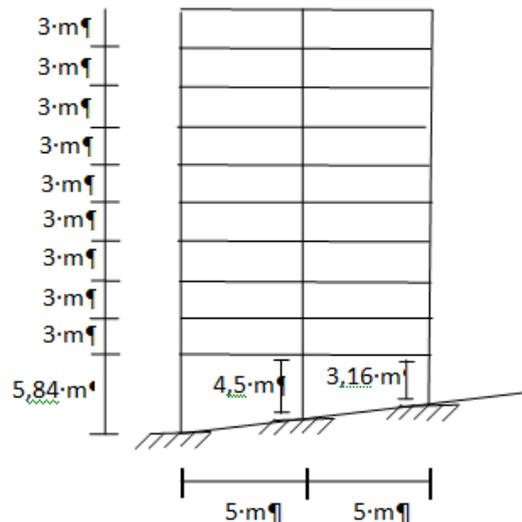
Gambar 5. Struktur bangunan variasi ketiga dengan kemiringan tanah 5°

Hasil perhitungan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 24,24 %, 32,07 %, 43,68 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



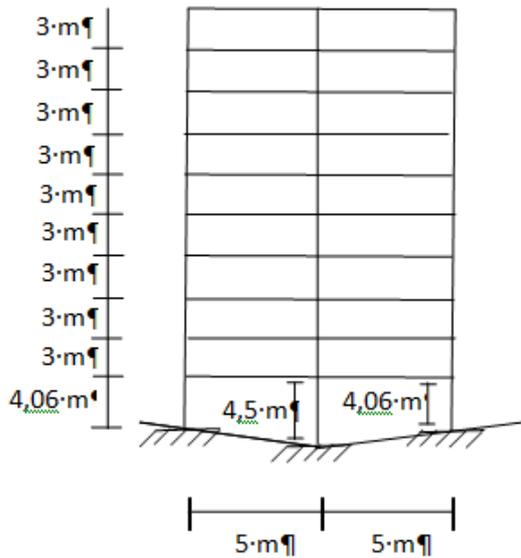
Gambar 6. Struktur bangunan variasi ketiga dengan kemiringan tanah 10°

Hasil perhitungan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 16,69 %, 28,52 %, 54,79 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



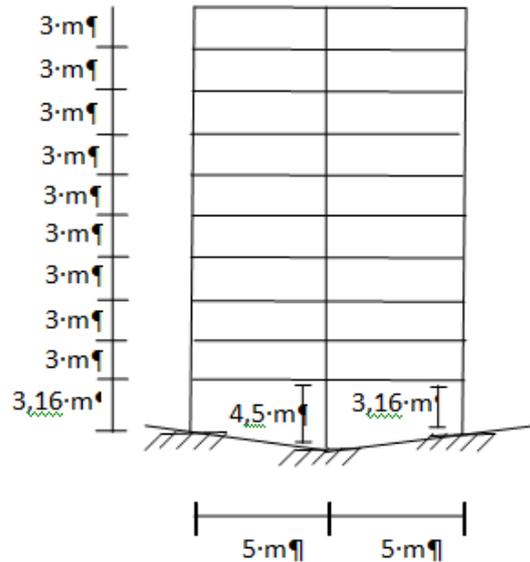
Gambar 7 - Struktur bangunan variasi ketiga dengan kemiringan tanah 15°

Hasil perhitungan pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 10,52 %, 23,01 %, 66,36 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



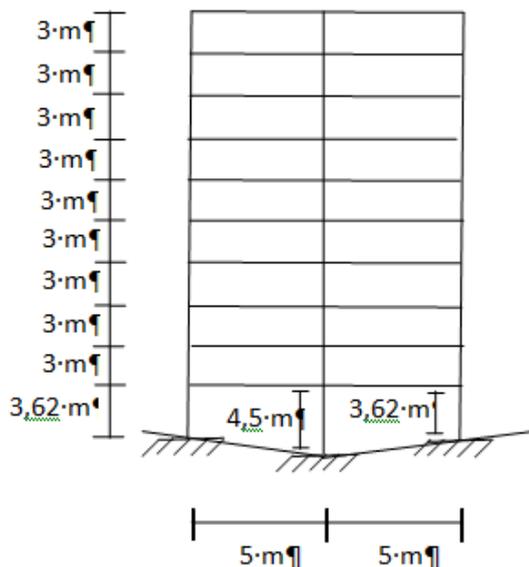
Gambar 8 - Struktur bangunan variasi keempat dengan kemiringan tanah 5°

Hasil perhitungan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 36,57 %, 26,86 %, 36,57 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



Gambar 10 - Struktur bangunan variasi keempat dengan kemiringan tanah 15°

Hasil perhitungan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 42,62 %, 14,76 %, 42,62 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.



Gambar 9 - Struktur bangunan variasi keempat dengan kemiringan tanah 10°

Hasil perhitungan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 yaitu sebesar 39,67 %, 20,65 %, 39,67 % dari gaya geser yang terjadi pada tingkat tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa diperoleh bahwa pada struktur bangunan untuk variasi pertama, maka pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 sebesar 33,33 %, 33,33 %, 33,33 %.

Pada struktur bangunan untuk variasi kedua, maka pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 adalah sebesar 23,35 %, 31,79 %, 44,85 % untuk kemiringan tanah 5° ; 13,51 %, 25,56 %, 60,52 % untuk kemiringan tanah 10° ; 5,26 %, 15,19 %, 79,54 % untuk kemiringan tanah 15° .

Pada struktur bangunan untuk variasi ketiga maka pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing kolom 1, 2, dan 3 adalah sebesar 24,24 %, 32,07 %, 43,68 % untuk kemiringan tanah 5° ; 16,69 %, 28,52 %, 54,79 % untuk kemiringan tanah 10° ; 10,52 %, 23,01 %, 66,36 % untuk kemiringan tanah 15° .

Pada struktur bangunan untuk variasi keempat maka pola distribusi gaya geser pada tingkat dasar untuk masing-masing

kolom 1,2, dan 3 adalah sebesar 36,57 %, 26,86 %, 36,57 % untuk kemiringan tanah 5^0 ; 39,67 %, 20,65 %, 39,67 % untuk kemiringan tanah 10^0 ; 42,62 %, 14,76 %, 42,62 % untuk kemiringan 15^0 .

Struktur bangunan yang memiliki kekakuan kolom paling besar, biasanya pada saat gempa akan memikul gaya geser paling besar.

SARAN

1. Sebaiknya dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, kekakuan tiap-tiap kolom dibuat sama/seragam agar gaya geser terdistribusi secara merata pada masing-masing kolom. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat ukuran

penampang dan panjang antar kolom sama.

2. Untuk variasi kedua dan ketiga agar gaya geser terdistribusi secara merata pada masing-masing kolom dapat dilakukan dengan cara membuat ukuran penampang kolom 2 lebih besar daripada ukuran penampang kolom 3, kemudian ukuran penampang kolom 1 lebih besar dari pada ukuran penampang kolom 2, sehingga kekakuan dari ketiga kolom tersebut seragam/sama. Kecuali untuk variasi keempat ukuran penampang kolom 2 dibuat lebih besar dari kolom 1 dan kolom 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Benjamin Lumantara, 1999. Pengantar Analisa Dinamis dan Gempa. Andi Offset, Jakarta.
- Chopra AK, 1995. Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering. Prentice Hall International, Inc.
- Kiyoshi Muto, 1973. Analisa Perencanaan Gedung Tahan Gempa, Erlangga, Jakarta.