

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Waktu tidak terlalu berpengaruh pada penelitian ini. Waktu hanya berhubungan dengan jadwal pelaksanaan penelitian. Lokasi objek penelitian berupa struktur bangunan beraturan yang didesain di daerah Padang, Sumatera Barat dengan jenis tanah lunak. Lokasi ini berpengaruh pada perencanaan beban gempa untuk struktur bangunan beraturan.

### **4.2 Jenis Penelitian**

Penelitian ini menjelaskan dan membandingkan respons struktur terhadap beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah bentuk bangunan reguler dengan interaksi tanah dengan fondasi, bentuk bangunan reguler tanpa interaksi tanah dengan fondasi, dan frekuensi beban gempa. Variabel terikatnya adalah simpangan netto, sudut rotasi, simpangan rotasi, simpangan total, *interstorey drift ratio*, gaya horizontal tingkat, gaya geser tingkat, dan momen guling.

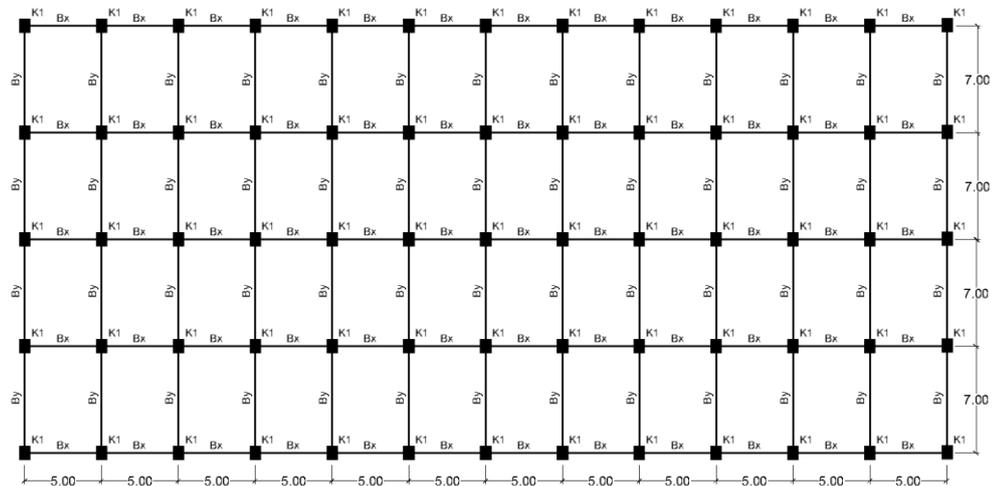
### **4.3 Model Struktur**

Pemodelan struktur terdiri dari struktur atas dan struktur bawah (fondasi). Masing-masing memiliki model tersendiri yang akan dijelaskan sebagai berikut ini.

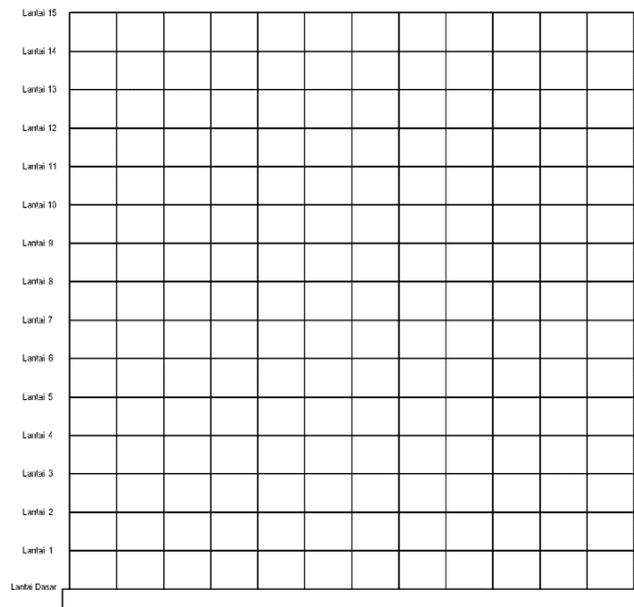
#### **4.3.1 Struktur Atas**

Struktur atas dimodelkan tiga dimensi (3D) untuk menghitung massa, kekakuan, dan redaman dengan material beton bertulang. Struktur dimodelkan bangunan reguler berbentuk pipih dengan jumlah lantai 15 lantai dan tinggi antar lantai 3,5 m. Panjang bentang pendek adalah 5 m dan bentang panjang 7 m. Balok dan kolom dimodelkan sebagai portal terbuka dengan *joint* yang kaku sehingga momen-momen maksimum terjadi pada kedua ujung kolom. Pemodelan struktur bangunan reguler ini telah dicek keamanannya terlebih dahulu menggunakan

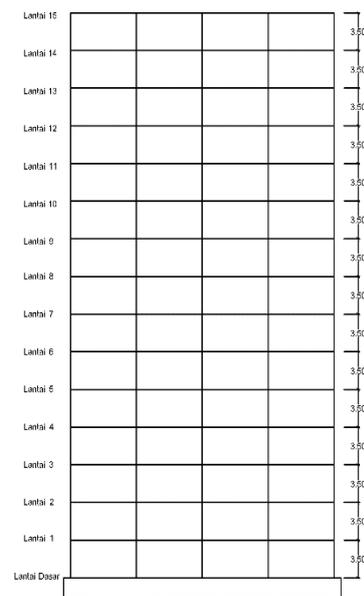
software SAP2000 v14 yang dapat dilihat pada lampiran 1, kemudian denah dan model struktur dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



a. Denah Bangunan Reguler



b. Tampak X-Z



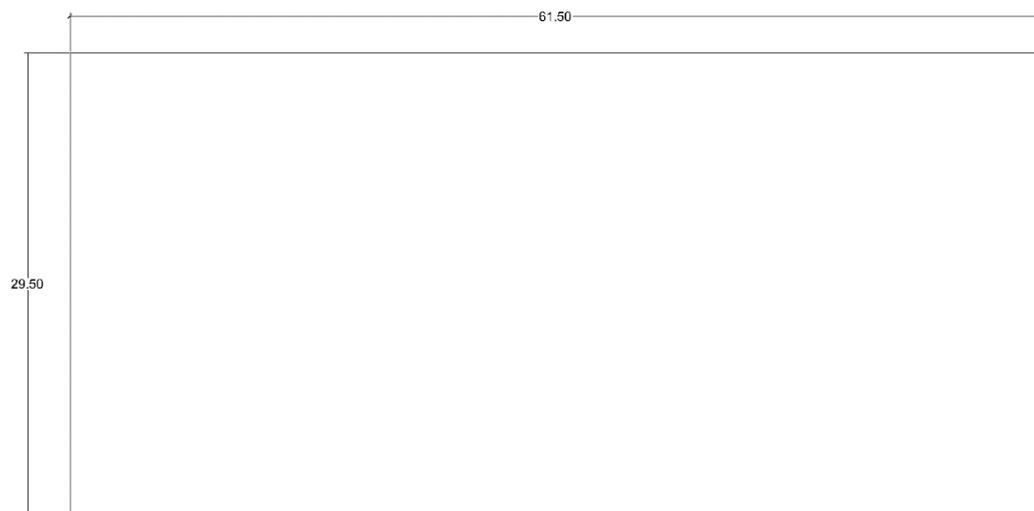
c. Tampak Y-Z

**Gambar 4.1 Model Struktur Atas Bangunan Reguler**

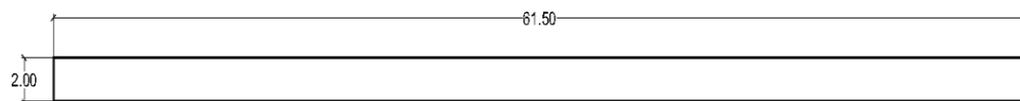
#### 4.3.2 Struktur Bawah (Fondasi)

Struktur bawah merupakan fondasi tipe *mat foundation* dengan asumsi sangat kaku sehingga *displacement* yang terjadi di setiap titik pada fondasi akan sama nilainya. Fondasi dimodelkan tiga dimensi (3D) untuk menghitung massa,

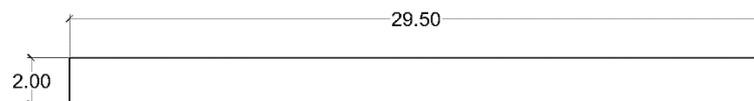
kekakuan, dan redaman serta keamanan terhadap daya dukung dan penurunan pada fondasi telah diperhitungkan terlebih dahulu yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Fondasi menggunakan material beton bertulang dengan lebar 61,5 m, panjang 29,5 m, dan tebal 2 m. Denah struktur bawah (fondasi) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



a. Denah Struktur Fondasi



b. Tampak X-Z



c. Tampak Y-Z

**Gambar 4.2 Model Struktur Bawah Bangunan Reguler**

#### 4.4 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan berupa data struktur bangunan baik struktur atas maupun struktur bawah (fondasi), data properti tanah, dan data beban gempa berupa rekaman percepatan tanah. Data struktur atas bangunan diperoleh dari pemodelan menggunakan program analisis struktur (SAP2000 v14), data struktur bawah bangunan (fondasi) diperoleh dari data yang sudah ada tetapi dicek terlebih dahulu

keamanannya terhadap daya dukung dan penurunan yang dapat dilihat pada Lampiran 1, data properti tanah diperoleh dari data asli yang kemudian diolah, dan data beban gempa diperoleh dari rekaman-rekaman percepatan tanah akibat gempa yang pernah terjadi. Data percepatan tanah beban gempa yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.5 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini merupakan program komputer yang bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan analisis data. Adapun alat-alat yang digunakan, yaitu:

1. Program SAP 2000, digunakan untuk pemodelan struktur atas bangunan yang digunakan dan juga sebagai kontrol keamanan desain bangunan serta kontrol penyelesaian persamaan *uncouple* pada bangunan.
2. MATLAB (R2013a), digunakan untuk analisis dinamik struktur terutama pada bagian perhitungan respon struktur karena menggunakan iterasi yang cukup banyak.
3. Ms Excel 2016, digunakan untuk analisis data terutama pada bagian perhitungan massa, kekakuan, dan redaman baik struktur atas maupun struktur bawah (fondasi) dan perhitungan properti dinamik tanah. Program ini juga digunakan sebagai kontrol terhadap hasil perhitungan menggunakan program MATLAB R2013a.

#### 4.6 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat pemodelan struktur atas bangunan menggunakan *software* SAP2000 v14. Struktur dimodelkan dalam bentuk bangunan reguler berbentuk pipih dan bertingkat banyak.
2. Mengecek hubungan respon 2 bidang bangunan (*couple* atau *uncouple*).
3. Menghitung berat dan massa struktur atas bangunan dengan prinsip *lumped mass* menggunakan persamaan 3.1.

4. Menghitung nilai kekakuan struktur atas bangunan menurut prinsip Muto menggunakan persamaan 3.6 dan 3.7.
5. Menyusun matriks massa dan kekakuan struktur atas tanpa nilai kekakuan dan redaman interaksi tanah dengan fondasi sesuai dengan persamaan 3.39 dan 3.40.
6. Menghitung nilai frekuensi sudut ( $\omega$ ) menggunakan persamaan 3.42.
7. Menentukan nilai rasio redaman ( $\zeta$ ) dan *mode* frekuensi sudut yang digunakan.
8. Menghitung nilai matriks redaman struktur atas menggunakan metode *mass and stiffness proportional damping* menggunakan persamaan 3.24.
9. Menyiapkan data properti tanah.
10. Menghitung properti dinamik tanah berupa modulus geser maksimum menggunakan persamaan 3.43 dan 3.44.
11. Menghitung modulus geser tanah ekivalen menggunakan persamaan 3.49.
12. Menghitung kecepatan gelombang geser dan rapat massa tanah menggunakan persamaan 3.51 dan 3.52.
13. Menghitung kecepatan gelombang geser ekivalen dan rapat massa tanah ekivalen menggunakan persamaan 3.53 dan 3.54.
14. Menyiapkan model struktur bawah (fondasi).
15. Menghitung nilai kekakuan interaksi tanah dengan fondasi arah horizontal dan rotasi menggunakan persamaan 3.55 sampai 3.62.
16. Menghitung nilai redaman interaksi tanah dengan fondasi arah horizontal dan rotasi menggunakan persamaan 3.63 sampai 3.69.
17. Menghitung massa lantai dasar dan fondasi ( $m_0$ ) dengan prinsip *lumped mass* menggunakan persamaan 3.1.
18. Menghitung momen inersia polar ( $I_G$ ) menggunakan persamaan 3.70.
19. Menyusun matriks massa, kekakuan, dan redaman dengan pengaruh interaksi tanah dengan fondasi, menggunakan persamaan 3.79.
20. Mencari data gempa yang akan dipakai.
21. Menyusun persamaan untuk mendapatkan respon dinamik struktur menggunakan persamaan 3.78.
22. Melakukan analisis respon struktur menggunakan metode  $\beta$ -Newmark.

- a. Menghitung nilai  $\hat{k}$ , a, b, dan  $\Delta P$  menggunakan persamaan 3.92, 3.95, dan 3.87.
  - b. Menghitung nilai  $\Delta p_i$  dan  $\Delta \hat{p}_i$  menggunakan persamaan 3.88 dan 3.93.
  - c. Menghitung nilai  $\Delta y_i$ ,  $\Delta \dot{y}_i$ , dan  $\Delta \ddot{y}_i$  menggunakan persamaan 3.91, 3.90, dan 3.89.
  - d. Menghitung nilai  $y_{i+1}$ ,  $\dot{y}_{i+1}$ , dan  $\ddot{y}_{i+1}$  menggunakan persamaan 3.96, 3.97, dan 3.98.
23. Menghitung respon struktur.
- a. Menghitung simpangan netto melalui iterasi dengan metode  $\beta$ -Newmark menggunakan persamaan 3.96.
  - b. Menghitung sudut rotasi melalui iterasi dengan metode  $\beta$ -Newmark menggunakan persamaan 3.96 sesuai yang ditunjukkan vektor simpangan pada persamaan 3.80.
  - c. Menghitung simpangan rotasi menggunakan persamaan 3.99.
  - d. Menghitung simpangan total menggunakan persamaan 3.100.
  - e. Menghitung *interstorey drift ratio* menggunakan persamaan 3.101.
  - f. Menghitung gaya horizontal tingkat menggunakan persamaan 3.102.
  - g. Menghitung gaya geser tingkat menggunakan persamaan 3.103.
  - h. Menghitung momen guling menggunakan persamaan 3.104.
24. Melakukan proses verifikasi hasil perhitungan MATLAB R2013a menggunakan Ms Excel 2016.
25. Melakukan pembahasan terhadap hasil yang didapatkan.
26. Membuat kesimpulan dan saran.

#### 4.7 Diagram Alir Penelitian

