

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir dan Penjelasan Penelitian

Tahapan awal penelitian, yaitu mengumpulkan data-data sekunder berupa gambar perencanaan struktur dan arsitektural dan laporan hasil penyelidikan tanah dari Biro Aset Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan laporan akhir penelitian sebelumnya yang dilakukan di gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Kemudian data-data tersebut dikumpulkan dan dimasukkan kedalam pembebanan pada pemodelan nanti. Pembebanan mengacu pada Peraturan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987 (DPU, 1987) dan SNI 1727-2013 (BSN, 2013). Pembebanan yang diberikan kepada model struktur mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

Setelah data terkumpul kemudian dimodelkan menggunakan software SAP2000 dengan memasukkan data-data material, dimensi elemen struktur sesuai dengan data dan gambar perencanaan gedung. Bagian struktur yang dimodelkan hanya struktur atas rangka beton bertulang. Struktur atap hanya dimodelkan sebagai beban perletakan pada ringbalk, sedangkan bagian struktur minor yang tidak memiliki pengaruh besar terhadap struktur tidak ikut dimodelkan. Setelah dilakukan pemodelan dan memasukkan beban dilakukan *run analysis* pertama (Analisis Linier).

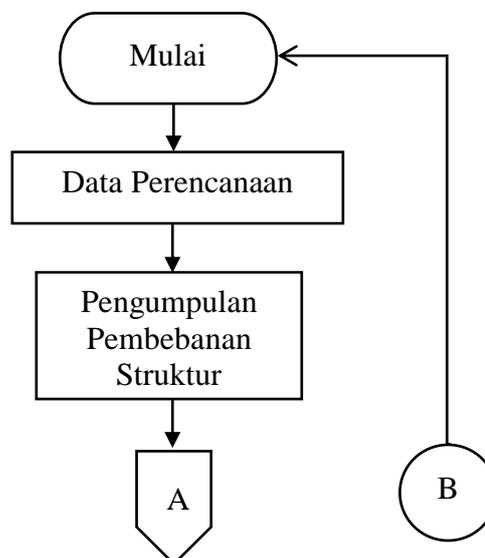
Setelah selesai dilakukan *run analysis*, maka tahap selanjutnya mengontrol dari hasil analisis, yaitu periode getar alami, gaya geser dasar (*base shear*), simpangan batas *ultimate* dan rasio tulangan. Setelah didapatkan informasi bahwa dari hasil analisis linier struktur bangunan gedung masih aman, maka dilanjutkan analisis *pushover*. Jika tidak, cek atau ulang kembali ke bagian 1.

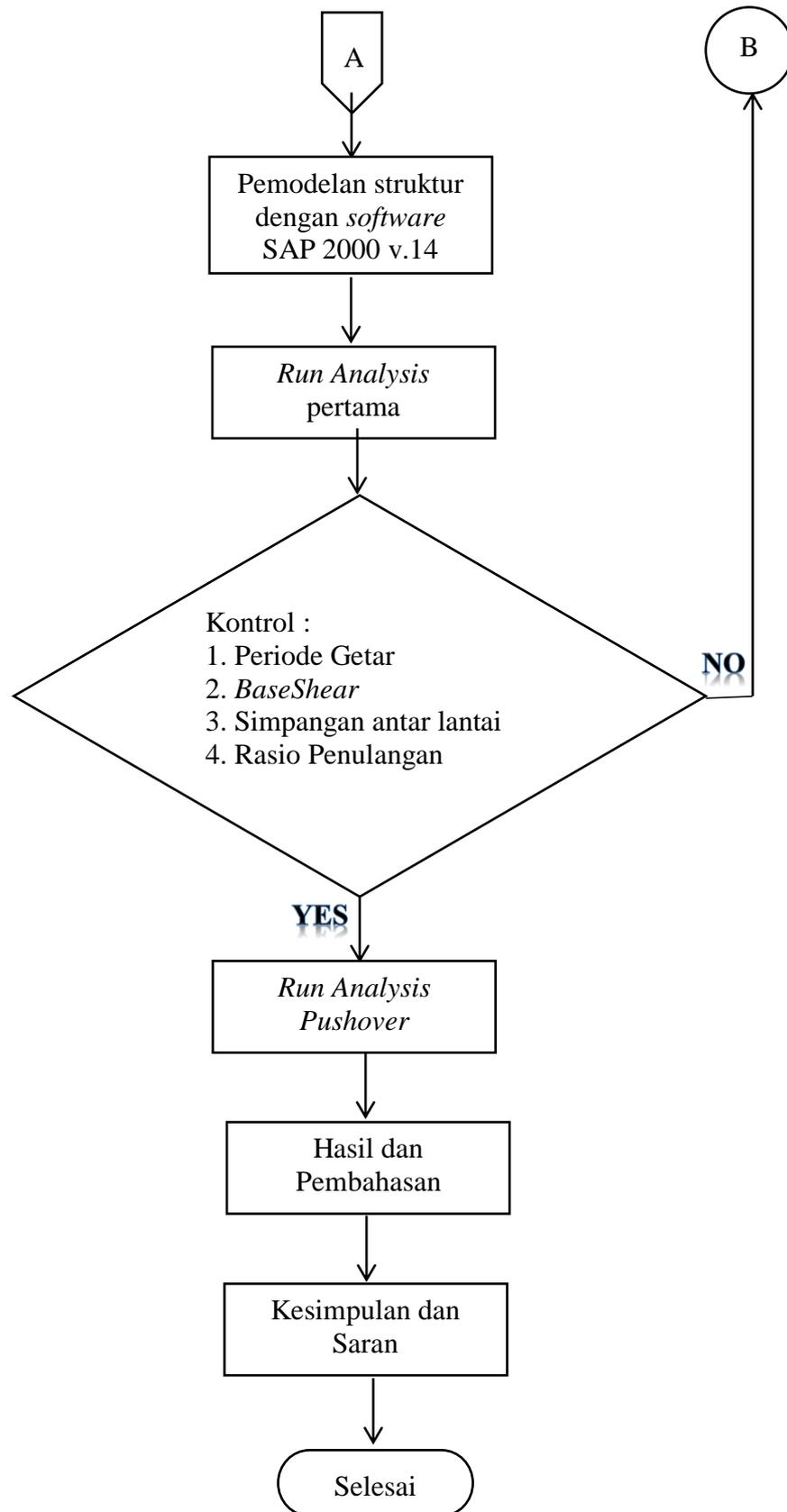
Adapun langkah-langkah pada proses analisis *pushover* adalah:

- a. Memasukkan *pushover case* pada *software* SAP2000.

- b. Menempatkan properti sendi pada ujung balok dan kolom untuk arah sumbu kuat dan sumbu lemah.
- c. Menentukan titik kontrol pada atap.
- d. Setelah langkah 1 sampai langkah 3 selesai dimasukkan, kemudian lakukan *run analysis static nonlinier pushover*.
- e. Analisis *pushover* dilakukan dalam 2 tahap, pertama struktur diberi beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang tereduksi. Analisis tahap pertama belum memperhitungkan kondisi *nonlinier*. Kedua struktur diberikan pola beban lateral yang diberikan secara monotonik bertahap.
- f. Pembebanan lateral ditingkatkan sampai komponen struktur yang paling lemah berdeformasi yang menyebabkan kekakuannya berubah secara signifikan (terjadi leleh dari penampang).
- g. Proses pembebanan dilanjutkan sampai batas kinerja terdeteksi dari perpindahan titik kontrol pada atap. Langkah 5-7 dilakukan secara otomatis oleh program SAP2000.
- h. Kurva *pushover* diplotkan agar menggambarkan respon perilaku *nonlinier* dalam menentukan target perpindahan.
- i. Mengambil hasil dari analisis *pushover*.

Hasil dari pemodelan tersebut yaitu didapat kurva *pushover*. Kurva *pushover* digunakan untuk menentukan titik kontrol besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar pada struktur.





**Gambar 3.1** Bagan alir penelitian

### 3.2 Data Umum Bangunan

Elevasi Tertinggi Gedung	: 31,6 m
Fungsi Gedung	: Pendidikan / Ruang Kuliah
Jumlah Lantai	: 7 lantai
Sistem Struktur	: <i>Dual system</i> SRPMK dan Dinding Geser
Tinggi Lantai Semi Basement	: 3,2 m
Tinggi Lantai Tipikal	: 4 m
Tinggi Lantai 5	: 6 m
Tinggi Lantai Ruang Mesin	: 2 m

Untuk pemodelan, elevasi gedung 29,6 m karena tanpa menggunakan tinggi atap.

### 3.3 Data Beton

Kuat desak silinder  $f_c' = 25$  MPa

Modulus Elastisitas Beton

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{25} = 23500 \text{ MPa}$$

### 3.4 Data Baja Tulangan

Untuk tulangan diameter  $> 13$  mm

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f_u = 520 \text{ MPa}$$

Untuk tulangan diameter  $\leq 13$  mm

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Baja  $E_s = 200.000$  MPa

### 3.5 Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Untuk tulangan diameter  $> 1$  Berdasarkan kategori risiko gedung yang telah didapatkan, untuk gedung dengan kategori risiko IV maka nilai faktor keutamaan gempanya adalah  $I_e = 1,50$ .

### 3.6 Kategori Risiko Bangunan

Gedung K.H. Ibrahim termasuk ke dalam gedung untuk pemanfaatan sebagai fasilitas pendidikan maka tergolong kedalam gedung dengan kategori risiko IV.

### 3.7 Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ )

Untuk gedung dengan sistem ganda (*dual system*) rangka pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus maka didapat nilai  $C_d = 5,5$ .

### 3.8 Koefisien Modifikasi Respon ( $R$ )

Untuk gedung dengan sistem ganda (*dual system*) didapat nilai  $R = 7$ .

### 3.9 Dimensi Elemen Struktur

#### a. Balok

Tabel 3.2 Dimensi Elemen Balok

Kode Balok	Dimensi (mm)
S1	400x700
S2	400x700
B1	400x700
B2	400x700
B3	300x500
B4	200x500
B5	400x700
B5A	400x700
B6	300x450
B7	200x450
B8	120x450
B9	200x300
BT1	200x400
BT2	250x350
BT3	250x450

## b. Kolom

Tabel 3.3 Dimensi Elemen Kolom

Kode Kolom	Dimensi, b×h (mm)
K1	800x800
K1A	800x800
K2	800x800
K3	800x800
K4	400x800
K5	400x800
K6	600x600
K7	200x400
K8	250x500
KT	250x400

**3.10 Perhitungan Beban Struktur**

Berdasarkan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987 untuk perhitungan beban hidup, mati dan gempa pada struktur gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sebagai berikut:

## a. Beban Mati

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini terdiri dari beban mati struktural dan beban mati arsitektural.

Total setiap lantai pada beban mati:

Tabel 3.5 Beban mati setiap lantai

Lantai	Berat Sendiri (kN)	<i>SIDL</i> (kN)	Total (kN)
Lantai 5	19749,49	1701,43	21450,92
Lantai 4	19743,26	1701,43	21444,69
Lantai 3	19743,26	1701,43	21444,69
Lantai 2	20209,18	1738,84	21948,02
Lantai 1	20468,48	1738,84	22207,32

Lanjutan dari Tabel 3.5

Lantai Dasar	16648,25	1556,22	18204,47
Basement	10694,41	953,23	11647,64
Jumlah			138347,75

b. Beban Hidup

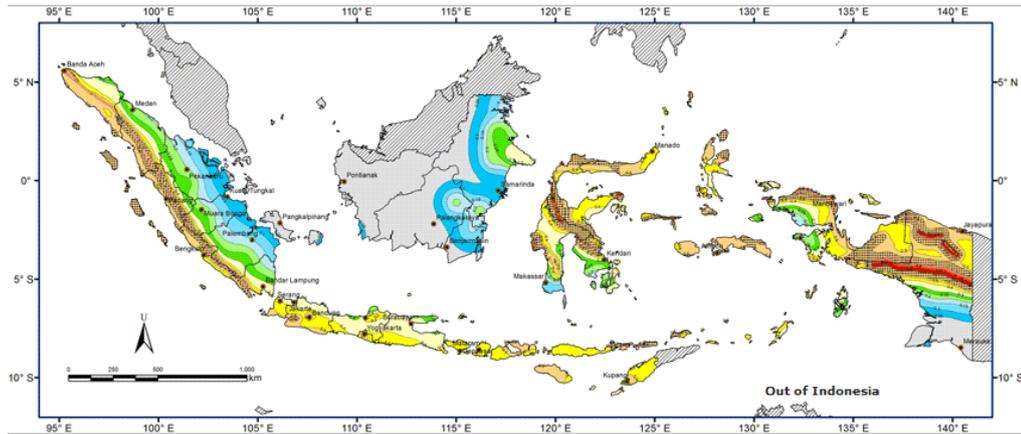
Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup masa konstruksi. Total setiap lantai pada beban hidup:

Tabel 3.6 Beban hidup setiap lantai

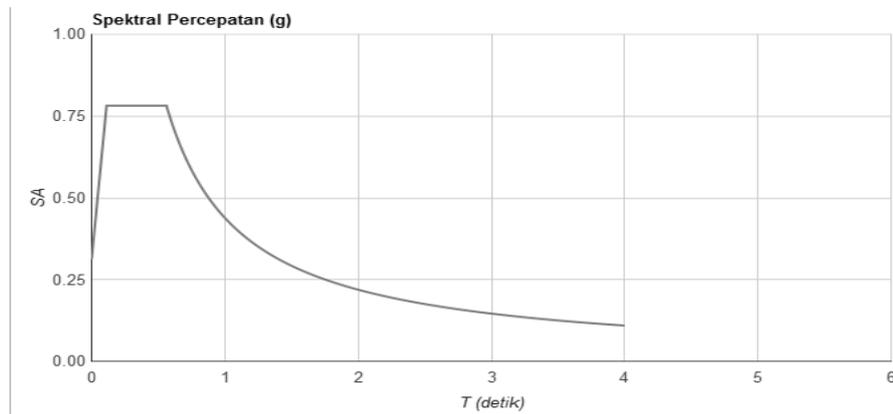
Lantai	Beban Hidup (kN)
Lantai 5	3620,95
Lantai 4	1559,35
Lantai 3	1559,35
Lantai 2	1590,92
Lantai 1	1590,92
Lantai Dasar	1424,51
Basement	1261
Jumlah	12607

c. Beban Gempa

Berikut adalah peta gempa 2017 di Kasihan, Bantul dan grafik respons spektrum serta data-data yang akan perlukan pada pembebanan struktur gempa K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta:



**Gambar 3.2** Peta PGA, MCEG. (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



**Gambar 3.3** Kurva respon spektrum tanah sedang. (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Hasil yang didapat dari grafik pada gambar 3.3 ditunjukkan pada tabel 3.7

**Tabel 3.7** Nilai Spektral Percepatan. (Pusgen, 2017)

PGA (g)	0,488	$F_{PGA}$	1,012	$S_{M1}$ (g)	0,659
$S_S$ (g)	1,11	$F_A$	1,056	$S_{DS}$ (g)	0,782
$S_1$ (g)	0,416	$F_V$	1,584	$S_{D1}$ (g)	0,439
$C_{RS}$	0,938	PSA (g)	0,494	$T_0$ (detik)	0,112
$C_{R1}$	0	$S_{MS}$ (g)	1,172	$T_s$ (detik)	0,562

### 3.11 Penentuan Periode Getar Alami Struktur

a. Waktu Getar Alami Struktur Gedung Berdasarkan UBC-1997

Berdasarkan UBC-1997, nilai waktu getar alami bangunan pada gedung K.H Ibrahim didapat:

$$T = C_t (h_n)^{\frac{3}{4}} \quad (8)$$

dimana :  $C_t = 0,0853$  SRPM baja

$C_t = 0,0731$  SRPM beton

$C_t = 0,0488$  untuk sistem struktur lainnya.

$$\begin{aligned} T &= 0,0731 \times (29,6)^{\frac{3}{4}} \\ &= 0,974277 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Pembatasan waktu getar alami fundamental

$$T < \delta n \quad (9)$$

Dimana

$T$  = Waktu getar alami struktur gedung

$\delta$  = Koefisien wilayah gempa (0,18)

$n$  = Jumlah lantai

$$0,974277 < 0,18 \times 7$$

$$0,974277 < 1,080$$

Untuk pembatasan waktu getar alami fundamental diambil nilai terkecil yaitu

$$T = 0,974277 \text{ detik}$$

### 3.12 Gaya Geser Nominal

$$V = \frac{C \times I}{R} \times W_t \quad (10)$$

Dimana :

$V$  = Gaya geser dasar nominal

$C$  = Faktor respons gempa dari 30epresen respons

$I$  = Faktor keutamaan gedung untuk bangunan rumah sakit

$R$  = Faktor reduksi gempa 30epresentative dari struktur gedung yang bersangkutan yang bersifat daktail penuh

Wt = Berat total gedung = Jumlah beban mati + Jumlah beban hidup  
maka,

$$V = \frac{0,938 \times 1,5}{7} 150954,75$$

$$= 30341,90475 \text{ kN}$$

### 3.13 Distribusi Beban Lateral Tiap Lantai

$$F_i = \frac{W_j \cdot Z_j}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i} V \quad (11)$$

Dimana :

Wi : Berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai

Zi : Ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral

N : Nomor lantai tingkat paling atas

V : Gaya geser dasar nominal

Tabel 3.8 Distribusi beban lateral tiap lantai.

Lantai	hi (m)	Wi (kN)	Wi x hi (kNm)	F (kN)
Lantai 5	29,6	25071,873	742127,352	8919,726
Lantai 4	23,2	23004,042	533693,728	6414,535
Lantai 3	19,2	23004,045	441677,568	5308,581
Lantai 2	15,2	23538,942	357791,888	4300,348
Lantai 1	11,2	23798,242	266540,288	3203,583
Lantai Dasar	7,2	19628,985	141328,656	1698,647
Basement	3,2	12908,641	41307,648	496,4820
Jumlah		150954,755	2524467,128	30341,904

Tabel 3.9 Beban lateral searah sumbu X dan Y.

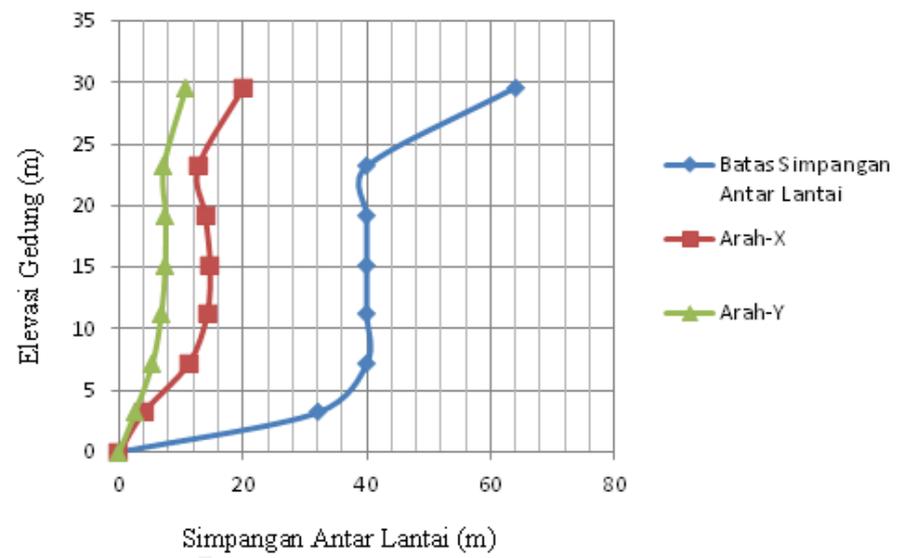
Lantai	F (kN)	F <sub>x</sub> 30% (kN)	F <sub>y</sub> 100% (kN)
Lantai 5	8919,72693	2675,918079	8919,72693
Lantai 4	6414,535599	1924,36068	6414,5356
Lantai 3	5308,581185	1592,574356	5308,58119
Lantai 2	4300,348088	1290,104426	4300,34809
Lantai 1	3203,583022	961,0749066	3203,58302
Lantai Dasar	1698,647834	509,5943502	1698,64783
Basement	496,4820921	148,9446276	496,482092
Jumlah	30341,90475	9102,571425	30341,9048

### 3.14 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta i$ ) sebesar 1% dari tinggi tingkat lantai. Evaluasi kinerja simpangan antar lantai ditinjau dari respon spektrum (BSN, 2012). Simpangan antar lantai yang telah dibagi faktor skala pada gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta akibat pengaruh gempa nominal dalam arah-X dan arah-Y diperlihatkan dalam gambar 3.4

Tabel 3.10 Beban lateral searah sumbu X dan Y.

Lantai	Tinggi (m)	Simpangan antar lantai (mm)		$\Delta$ ijin (mm)
		Arah-X	Arah-Y	
Lantai 5	29,6	20,05	10,81	29,6
Lantai 4	23,2	12,82	7,21	23,2
Lantai 3	19,2	13,91	7,5	19,2
Lantai 2	15,2	14,68	7,46	15,2
Lantai 1	11,2	14,2	6,81	11,2
Lantai Dasar	7,2	11,25	5,38	7,2
Basement	3,2	3,93	2,56	3,2



**Gambar 3.4** Kurva simpangan antar lantai arah-x dan arah-y