

Studi Perencanaan Gedung Rektorat Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Studi Kasus Unhasy Tebuireng Jombang)

Rectorate Building Planning Study With Special Moment Bearer Frame System (Case Study Unhasy Tebuireng Jombang)

Fadjar Wahyu Rahardjo¹, Abdiyah Amudi², Titin Sundari³, Totok Yulianto⁴

¹²³⁴Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang.

Email : fadjarwa97@gmail.com

Abstrak

Gedung rektorat terletak di lokasi kampus B Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng – Jombang yang difungsikan sebagai pusat akademik dan administrasi semua Fakultas. Rencana peningkatan bangunan gedung rektorat baru terdiri atas 7 lantai dengan ketinggian 32,40 m dan luas gedung 574 m². Tujuan utama dilakukan penelitian agar dapat menghasilkan gambar perencanaan struktur gedung rektorat baru.

Perencanaan struktur gedung rektorat baru menggunakan sistem tunggal berupa sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan pemodelan menggunakan program aplikasi untuk menghitung momen dan reaksi dari komponen pelat lantai, tangga, balok, kolom, sloof dan poerplat dengan beban gempa desain menggunakan metode statik ekuivalen. Peraturan yang digunakan untuk perencanaan menggunakan SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, SNI 1727:2013 dan PPIUG:1983. Hasil analisis dan desain pada gedung rektorat baru menghasilkan komponen struktur primer berupa balok B1 = 450 x 600, B3 = 350 x 500 dan kolom K1 = 700 x 700, K2 = 600 x 600 yang telah memenuhi syarat penampang untuk sistem rangka pemikul momen khusus dan mekanisme kolom kuat-balok lemah. Komponen struktur sekunder berupa pelat dengan tebal = 13 cm. Komponen struktur bawah berupa sloof SL = 400 x 800 dan poerplat P1 = 2100 x 2100 x 650 serta minipile 35 cm pada kedalaman 14 meter.

Kata Kunci: Perencanaan struktur; SRPM; strong column weak beam

Abstract

The record building is located on the location of the B campus of the Hasyim Asy'ari University Tebuireng - Jombang which functions as an academic and administrative center for all faculties. The planned improvement of the new rectorate building consists of 7 floors with a height of 32.40 m and a building area of 574 m². The main purpose of the research is to produce a picture of the structure of the new rector's building.

The new rector's building structure planning uses a single system in the form of a special moment bearing frame system (SRPMK) and modeling uses an application program to calculate the moment and reaction of the components of floor plates, stairs, beams, columns, sloof and poerplat with earthquake load design using the equivalent static method. The regulations used for planning use SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, SNI 1727:2013 and PPIUG:1983. The results of analysis and design in the new rectorate building produce primary structural components in the form of beams B1 = 450 x 600, B3 = 350 x 500 and columns K1 = 700 x 700, K2 = 600 x 600 that have met the cross section requirements for special moment bearing frame systems and the mechanism of the Strong Column Weak Beam. Secondary structural components in the form of plates with thickness = 13 cm. Lower structure components are SLO SL = 400 x 800 and template P1 = 2100 x 2100 x 650 and 35 cm minile at a depth of 14 meters.

Keywords: Structural palhning; SRPM; strong column weak beam

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya jaman dalam bidang pembangunan khususnya gedung turut meningkat. Perencanaan yang matang guna pembangunan gedung harus memperhatikan banyak faktor dan persyaratan sesuai dengan peraturan SNI, dimana gedung harus mampu tahan terhadap faktor alam yaitu faktor gempa.

Perencanaan bangunan khususnya gedung tahan gempa mengacu pada peraturan SNI 1726:2012 yang didalamnya mengelompokkan jenis gedung berdasarkan tingkat kategori resiko bahaya. Sistem struktur gedung yang mampu menahan beban lateral dan aksial serta momen yang disebabkan karena gempa dapat dipikul oleh suatu sistem yang disebut rangka pemikul momen dengan mekanisme bahwa komponen struktur dan join dapat menahan gaya yang bekerja. Sistem struktur rangka pemikul momen pada gedung terbagi menjadi 3 jenis yaitu berjenis biasa, menengah dan khusus.

Berdasarkan peraturan yang berlaku dalam perencanaan bangunan tahan gempa maka Universitas Hasyim Asy'ari selaku lembaga pendidikan tinggi swasta yang kini tengah berada dalam tahap berkembang yang ditandai dengan meningkatnya sarana dan prasarana berupa pembangunan penambahan gedung perkuliahan pada tahun 2019 dan rencana akan pembangunan gedung rektorat baru pada beberapa tahun kedepan yang harus memperhatikan aspek keamanan dan sistem struktur. Aspek tersebut sangat penting guna meminimalisir terjadinya korban jiwa dan kerusakan pada bangunan. Dengan adanya peningkatan tersebut diharapkan dapat lebih menunjang proses akademik dan administrasi selama kegiatan perkuliahan sehingga dapat terciptanya suasana yang kondusif dan lancar bagi para mahasiswa, dosen dan para pegawai.

Berdasarkan uraian latar belakang, penulis melakukan suatu penelitian berupa studi perencanaan struktur gedung rektorat baru menggunakan sistem rangka pemikul momen berjenis khusus (SRPMK) dengan tujuan agar struktur gedung dapat berperilaku daktail ketika terjadi gempa. Adapun batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian yaitu sistem struktur gedung memakai sistem rangka pemikul momen berjenis khusus (SRPMK), pemodelan struktur gedung secara 3D menggunakan program SAP2000v.14, memperhitungkan komponen struktur gedung yang berupa struktur primer; struktur sekunder; struktur pondasi, hubungan antar *joint* bersifat kaku (*rigid*), metode

gempa rencana menggunakan statik ekuivalen, dan data tanah dari hasil uji sondir dan boring.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Gempa Statik Ekuivalen

Metode ini merupakan penyederhanaan dari metode gempa secara dinamik dengan menganggap sebagai beban-beban statik yang bekerja pada tiap lantai gedung dengan menirukan pergerakan tanah dan gaya gempa yang bekerja sebesar 100% pada sumbu kuat dan 30% pada sumbu lemah secara bersamaan. Metode ini dapat digunakan pada gedung yang memiliki ketinggian tidak lebih dari 40 meter ataupun 10 lantai dengan memiliki geometri yang beraturan ataupun tipikal yang tertera dalam peraturan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2002.

Simpangan

Secara umum, simpangan dapat terjadi akibat adanya pengaruh gaya gempa yang diberikan pada struktur gedung yang berada di tiap antar lantai. Skema simpangan dan batasan simpangan ijin antar lantai dapat dilihat pada peraturan SNI 1726:2012.

Prinsip Desain Sistem Rangka SRPMK

Secara umum, sistem struktur berkonsep SRPMK memiliki tingkat daktilitas yang tinggi sehingga mampu menahan siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Mekanisme pada sistem ini yaitu kolom kuat-balok lemah yang bekerja menyebar secara merata pada tiap lantai guna menghindari kegagalan geser pada balok-kolom serta *joint*.

Komponen Struktur Gedung

Komponen struktur primer gedung berupa balok dan kolom yang berfungsi sebagai penopang beban lanjutan dan pelat termasuk dalam struktur sekunder pada bangunan gedung yang berfungsi menahan beban mati dan beban hidup. Tiap komponen struktur menghasilkan gaya dalam berupa gaya aksial, gaya momen dan gaya geser yang diperoleh dari analisa output program SAP2000v.14 yang kemudian dihitung berdasarkan dengan teori kapasitas untuk memperoleh momen nominal dari tiap komponen struktur. Komponen struktur pondasi gedung berupa poer plat dan tiang pancang yang berfungsi sebagai penyalur beban dari struktur atas untuk disalurkan ke dalam tanah. Daya dukung tanah harus mencapai pada nilai maksimal yang berupa tanah keras.

1) Daya dukung tanah hasil data sondir

$$Q_{tp} = \frac{A_{tp} \cdot p_{konus}}{3} + \frac{O_{tp} \cdot p_{hmb_pelekat}}{5} \dots\dots\dots [1]$$

Dimana:

- Q_{tp} = beban maksimal tiang
- A_{tp} = luas potongan melintang tiang
- p_{konus} = tekanan konus hasil sondir
- O_{tp} = keliling potongan tiang
- p_{plkt} = jumlah hambatan pelek

2) Daya dukung tanah hasil data SPT
 Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = \frac{q_p}{A_p} = \frac{3 \cdot N'_{60} \cdot 100}{A_p} \dots\dots\dots [2]$$

$$N'_{60} = C_N \cdot N_{60} \dots\dots\dots [3]$$

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_y}{\sigma'_r}} \dots\dots\dots [4]$$

Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = \left(\frac{100}{50} \cdot N_{SPT} \right) \cdot A_s \dots\dots\dots [5]$$

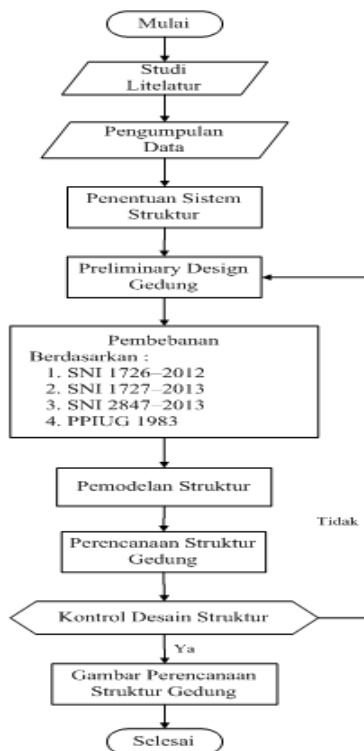
Daya dukung tiang

$$Q_u = \frac{(Q_p + Q_s)}{3} \dots\dots\dots [6]$$

METODE

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian untuk studi perencanaan struktur Gedung Rektorat Baru Universitas Hasyim Asy'ari dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan Data

Data pendukung yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1) Data tanah

Data tanah didapatkan dari hasil pengujian sondir yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Tanah

Z (m)	Konus Min	Qp (kg)	Qs (kg)	Q.ijin (ton)
4,00	55,00	56.341,36	31.751,61	29,36
5,00	25,00	54.878,80	43.818,22	32,90
6,00	50,00	59.139,12	57.954,98	39,03
7,00	45,00	73.208,03	67.059,60	46,76
8,00	90,00	79.750,51	77.559,63	52,44
9,00	50,00	79.497,85	85.404,20	54,97
10,00	30,00	81.383,57	97.975,63	59,79
11,00	60,00	81.987,49	107.027,06	63,00
12,00	40,00	72.741,74	118.089,92	63,61
13,00	46,00	81.449,98	128.247,63	69,90
14,00	166,67	98.047,56	135.790,49	77,95

Sumber: Hasil Uji Sondir (2018)

Preliminary Desain

Dimensi serta mutu bahan pada struktur gedung yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Dimensi Komponen Struktur

Komponen Struktur	Dimensi (mm)	Mutu Bahan (MPa)
Pelat		
a. Lantai	130	25
b. Atap	100	
Balok Induk		
c. B1	450/600	30
d. B3	350/500	
Balok Anak (B2)	300/450	30
Balok Kantilever (B4)	250/450	30
Balok Tepi (B5)	250/300	30
Kolom		
a. K1	700/700	30
b. K2	600/600	
Sloof (SL)	400/800	30

Sumber: Penelitian Penulis (2019)

Pembebanan

Asumsi nilai pembebanan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1) Beban mati

- Bj beton bertulang = 2400,00 kg/m³
- Bj beton = 2200,00 kg/m³
- Bj pasir = 1800,00 kg/m³
- Pasangan bata merah = 250,00 kg/m²
- Dinding partisi = 80,00 kg/m²
- Plafond-penggantung = 18,00 kg/m²

Mekanikal elektrik = 25,00 kg/m²
Lapisan *waterproofing* = 14,00 kg/m²

- 2) Beban hidup
Beban guna lantai = 250,00 kg/m²
Beban guna lantai atap = 100,00 kg/m²

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis penelitian dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

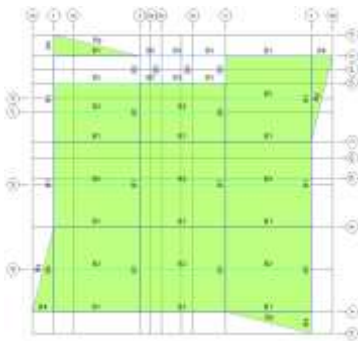
Tabel 3. Kombinasi Pembebanan

Tipe	Kombinasi	Keterangan
U1	1,4D+1,4SDL	Pembebanan
U2	1,2D+1,2SDL+1,6LL	Tetap
U3	1,2D+1,2SDL+0,5LL+1EQx	
U4	1,2D+1,2SDL+0,5LL-1EQx	
U5	1,2D+1,2SDL+0,5LL+1EQy	
U6	1,2D+1,2SDL+0,5LL-1EQy	Pembebanan
U7	0,9D+0,9SDL+1EQx	Sementara
U8	0,9D+0,9SDL-1EQx	
U9	0,9D+0,9SDL+1EQy	
U10	0,9D+0,9SDL-1EQy	

Sumber: Penelitian Penulis (2019)

Pemodelan Struktur

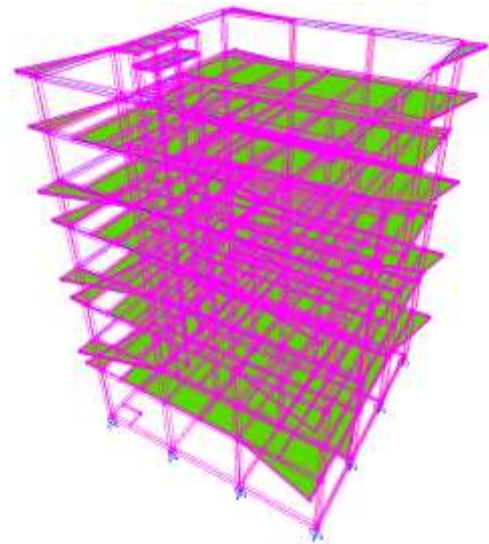
Pemodelan struktur gedung pada penelitian menggunakan program SAP2000v.14 yang dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Denah Struktur Gedung



Gambar 3. Portal Struktur Gedung



Gambar 4. Pemodelan 3D Struktur Gedung

Aspek teknis yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung rektorat baru dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Aspek Teknis

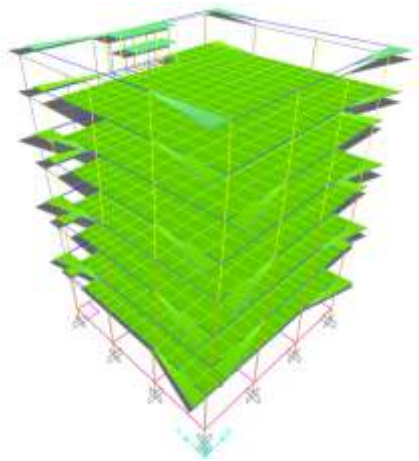
Item	Keterangan
Bangunan	Gedung rektorat baru
Fungsi bangunan	Pusat akademik dan administrasi seluruh fakultas
Lokasi bangunan	Jalan irian jaya no.55 tebuireng
Koordinat lokasi	-7.60914256315409 (lintang) 112.2344183921814 (bujur)
Jumlah lantai	7 lantai
Panjang bangunan	24 meter
Lebar bangunan	24 meter
Elevasi lantai	4,05 meter tiap lantai
Jarak antar kolom	8 meter, 3 meter, dan 2 meter
Tipe struktur	Beton bertulang (25 MPa dan 30 MPa)
Sistem struktur	Sistem rangka pemikul momen jenis khusus (SRPMK)
Gempa rencana	Statik ekuivalen
Mutu tulangan ulir (D)	400 MPa
Mutu tulangan polos (Ø)	240 MPa

Sumber: Penelitian Penulis (2019)

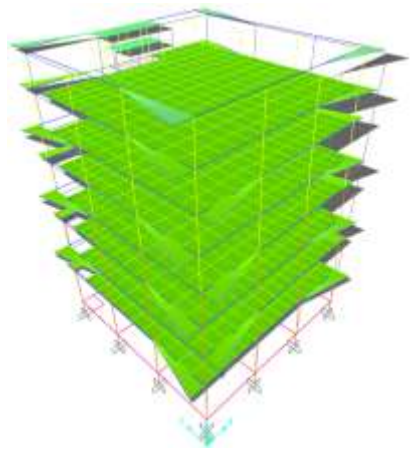
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Gempa

Deformasi pada gedung yang diakibatkan oleh beban gempa rencana berupa gempa statik ekuivalen dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Deformasi Gedung Akibat Gempa (EQ) Arah-x



Gambar 6. Deformasi Gedung Akibat Gempa (EQ) Arah-y

Pengecekan simpangan yang terjadi antar lantai gedung akibat gempa rencana dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Kontrol Simpangan Arah-x

Lt	Hsx	Joint	Hasil SAP	Δ_i	Δ_a	Ket
Atap	4050	314	54,32	13,00	81,00	Aman
7	4050	258	51,88	23,16	81,00	Aman
6	4050	218	47,91	31,73	81,00	Aman
5	4050	178	42,19	39,28	81,00	Aman
4	4050	138	35,08	44,43	81,00	Aman
3	4050	97	27,46	44,65	81,00	Aman
2	4050	53	19,33	45,56	81,00	Aman
1	4050	12	10,97	59,10	81,00	Aman
Sloof	1000	336	0,08	0,45	20,00	Aman

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2019)

Tabel 6. Kontrol Simpangan Arah-y

Lt	Hsx	Joint	Hasil SAP	Δ_i	Δ_a	Ket
Atap	1850	321	62,08	7,17	37,00	Aman
Atap lift	220	300	60,70	10,79	44,00	Aman
7	4050	271	58,79	28,23	81,00	Aman
6	4050	231	53,98	37,41	81,00	Aman
5	4050	191	47,31	45,72	81,00	Aman
4	4050	151	39,12	51,35	81,00	Aman
3	4050	111	30,38	51,65	81,00	Aman
2	4050	63	21,14	51,89	81,00	Aman
1	4050	23	11,77	64,26	81,00	Aman
Sloof	1000	349	0,09	0,48	20,00	Aman

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2019)

Dari data hasil simpangan antar lantai gedung yang terjadi menunjukkan bahwa penampang balok dan kolom telah memenuhi mekanisme yang diharapkan yaitu *strong coloumn-weak beam* terhadap beban gempa rencana dengan ditandai dari hasil simpangan ijin hitung (Δ_i) tidak melebihi dari batas simpangan ijin (Δ_a).

Perhitungan Pelat

Struktur pelat turut dimodelkan dengan kesatuan gedung menggunakan program SAP2000v.14 dan diasumsikan pelat bekerja sebagai *diafragma* ketika terjadi gempa. Mutu tulangan yang digunakan dalam perencanaan yaitu 240Mpa. Pelat lantai berjenis pelat satu arah (S1) secara tipikal pada tiap lantai dengan tebal 130 mm menghasilkan tulangan $\text{Ø}10$ -100 pada tumpuan, $\text{Ø}10$ -125 pada lapangan dan $\text{Ø}10$ -300 sebagai tulangan susut. Sedangkan pelat atap berjenis pelat dua arah (S2) dengan tebal 100 mm menghasilkan tulangan arah-x = arah-y pada tumpuan $\text{Ø}10$ -150 dan pada lapangan $\text{Ø}10$ -150.

Perhitungan Tangga

Struktur tangga dimodelkan secara terpisah pada struktur utama gedung menggunakan program SAP2000v.14 yang terdapat pada tiap lantai dengan bentuk tangga yaitu U. Data perencanaan tangga yaitu sebagai berikut:

1. Panjang pelat tangga-1 = 900,00 mm
2. Lebar pelat tangga-1 = 1680,00 mm
3. Panjang pelat tangga-2 = 4500,00 mm
4. Lebar pelat tangga-2 = 1500,00 mm
5. Panjang pelat bordes = 1500,00 mm
6. Lebar pelat bordes = 1680,00 mm
7. Tinggi bordes pertama = 660,00 mm
8. Tinggi bordes kedua = 2720,00 mm
9. Tanjakan/optrede = 170,00 mm
10. Injakan/antrede = 300,00 mm
11. Tebal pelat tangga = 120,00 mm
12. Tebal pelat bordes = 120,00 mm
13. Sudut miring tangga = 29,54°

Mutu tulangan dan mutu bahan yang digunakan yaitu 240MPa dan 25MPa. Pelat tangga menghasilkan tulangan utama Ø10-125 dan tulangan bagi Ø8-250. Sedangkan pelat bordes menghasilkan tulangan utama Ø10-125 pada arah-x dan arah-y.

Perhitungan Balok

Mutu tulangan yang digunakan yaitu 400MPa sebagai tulangan lentur dan 240MPa sebagai tulangan geser. Rekapitulasi penulangan balok dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok

Tipe	Ket (cm)	Torsi	Tumpuan		Lapangan	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah
B1	45/60	4D12	10D19	5D19	5D19	7D19
B2	30/45	-	4D19	2D19	2D19	2D19
B3	35/50	2D12	5D19	3D19	3D19	3D19
B4	25/45	2D12	3D19	2D19	2D19	2D19
B5	25/30	2Ø10	3D16	2D16	2D16	2D16

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2019)

Tabel 8. Rekapitulasi Penulangan Geser Balok

Tipe	Tumpuan	Lapangan
B1	Ø10-100	Ø10-120
B2	Ø10-100	Ø10-150
B3	Ø10-100	Ø10-150
B4	Ø10-100	Ø10-150
B5	Ø10-100	Ø10-130

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2019)

Perhitungan Kolom

Mutu tulangan yang digunakan yaitu 400MPa sebagai tulangan utama dan 240MPa sebagai tulangan geser. Rekapitulasi penulangan kolom dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tipe	Ket (cm)	Tul. Utama	Tul. Geser	
			Tumpuan	Lapangan
K1	70/70	16D19	Ø10-100	Ø10-130
K2	60/60	12D19	Ø10-100	Ø10-130

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2019)

Perhitungan Sloof

Mutu tulangan yang digunakan yaitu 400MPa sebagai tulangan utama dan 240MPa sebagai tulangan geser dengan dimensi 400/800 (mm). Penulangan utama pada daerah tumpuan bagian atas = bawah yaitu 6D19, pada daerah lapangan bagian atas = bawah yaitu 6D19 dan untuk torsi dipakai 4D12. Sedangkan penulangan geser pada daerah tumpuan Ø10-100 dan pada daerah lapangan Ø10-120.

Perhitungan Pondasi

Struktur pondasi yang direncanakan berupa poer plat yang terletak pada kedalaman 1,00 meter dari muka tanah asli dan mini pile pada kedalaman 14 meter. Mutu tulangan dan bahan yang digunakan poer plat yaitu 400MPa dan 30MPa dengan dimensi 2100x2100x650 (mm). Sehingga menghasilkan tulangan utama arah-x = arah-y yaitu D16-150 dengan jumlah mini pile berjumlah 9 buah. Spesifikasi mini pile yang digunakan sebagai berikut:

1. Tipe = kotak
2. Jenis = prategang
3. Mutu bahan = K-500 kg/cm²
4. Ukuran = 35x35 (cm)
5. Daya dukung rencana = 110 ton (1 tiang)
6. Tulangan utama = 4D3/8 (inch)

Sehingga dengan 9 buah tiang menghasilkan daya dukung kelompok 600,31 ton yang telah lebih besar dari total beban vertikal 573,46 ton dengan tiap 1 tiang menopang beban 84,21 ton yang tidak melebihi dari daya dukung rencana 110 ton.

SIMPULAN

Persyaratan mekanisme *Strong Column Weak Beam* telah terpenuhi yang dapat dilihat dari beberapa kondisi yaitu: simpangan antar yang terjadi antar lantai tidak melebihi dari simpangan ijin yang ada dan kondisi balok utama – kolom utama telah memenuhi nilai $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$ dimana jumlah kuat lentur nominal kolom lebih besar dari jumlah kuat lentur nominal balok.

Komponen struktur mampu dalam menahan beban gempa rencana yaitu statik ekuivalen dengan menghasilkan dimensi sebagai berikut:

- a. Tebal pelat lantai 130mm dan pelat atap 100mm dengan mutu beton 25MPa dan mutu tulangan 240MPa.
- b. Tipe balok dengan mutu beton 30MPa dan mutu tulangan 400MPa serta 240MPa.
 - 1) B1 = 450 x 600 (mm)
 - 2) B2 = 300 x 450 (mm)
 - 3) B3 = 350 x 500 (mm)
 - 4) B4 = 250 x 450 (mm)
 - 5) B5 = 250 x 300 (mm)
- c. Tipe kolom dengan mutu beton 30MPa dan mutu tulangan 400MPa serta 240MPa.
 - 1) K1 = 700 x 700 (mm)
 - 2) K2 = 600 x 600 (mm)
- d. Sloof dimensi 400 x 800 (mm) dengan mutu beton 30MPa dan mutu tulangan 400MPa serta 240MPa.
- e. Poer plat dimensi 2100 x 2100 x 650 (mm) dengan mutu beton 30MPa serta mutu tulangan 400MPa dan mini pile berjumlah 9 pada kedalaman 14 meter.

REFERENSI

- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building*, California: Seismic Safety Commission.
- BSN. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Jakarta: ICS.
- BSN. 2013. SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Jakarta: ICS.
- BSN. 2013. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Jakarta: ICS.
- DPMB. 1983. PPIUG:1983 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Nawy, E. G. 1998. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, Bandung: PT Refika Aditama.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Yogyakarta: ANDI.
- Suharjanto. 2013. *Rekayasa Gempa Dilengkapi Dengan Analisis Beban Gempa Sesuai SNI 1726:2002*, Yogyakarta: Kepel Press.
- Virgiansyah, G. 2018. *Skripsi: Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 8 Lantai Di Kabupaten Jember Menggunakan SRPMK*, Jember: Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Wigroho, H. Y. 2001. *Analisis dan Perancangan Struktur Frame Menggunakan SAP2000*. Yogyakarta:ANDI.