

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Hasil analisa nonlinear statik bangunan dengan bantuan program *SAP 2000 v14.2* untuk mesh 15x15, memberikan hasil *performance point* dan *displacement yield*, sebagai berikut

Tabel 5.1 Rekap analisa hasil pushover SAP 2000.

| Mesh | X | | Y | |
|-------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | V _y (kN) | D _y (m) | V _y (kN) | D _y (m) |
| 15x15 | 5.618,81 | 0,324 | 5.831,22 | 0,345 |

- 2) Dari prediksi manual dengan metode *YPS* untuk sistem gedung *Slender Cantilevered Shear Walls and Braced Frame*, diperoleh hasil

Tabel 5.2 Rekap analisa hasil pushover metode YPS.

| Faktor R- μ -T | X | | Y | |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | V _y (kN) | D _y (m) | V _y (kN) | D _y (m) |
| Nassar-Krawinkler | 4.059,02 | 0,331 | 4.059,02 | 0,331 |
| Newmark-Hall | 4.091,20 | 0,331 | 4.091,20 | 0,331 |
| Miranda-Bertero | 4.091,20 | 0,331 | 4.091,20 | 0,331 |

Dan untuk gedung dengan sistem *Dual Shear Walls-Moment Frame Systems*, diperoleh hasil

Tabel 5.3 Rekap analisa hasil pushover metode YPS.

| Faktor R- μ -T | X | | Y | |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | V _y (kN) | D _y (m) | V _y (kN) | D _y (m) |
| Nassar-Krawinkler | 2.649,57 | 0,331 | 2.649,57 | 0,331 |
| Newmark-Hall | 2.777,09 | 0,331 | 2.777,09 | 0,331 |
| Miranda-Bertero | 2.808,99 | 0,331 | 2.808,99 | 0,331 |

- 3) Perbandingan persentase perbedaan dua macam parameter estimasi dari model prediksi metode YPS dengan program SAP 2000 :

Tabel 5.4 Perbandingan metode YPS dan analisa nonlinear SAP dalam persen.

| Faktor R- μ -T | <i>Slender Cantilevered Shear Walls and Braced Frame</i> | | | |
|--------------------|--|----------------|----------------|----------------|
| | X | | Y | |
| | V _y | D _y | V _y | D _y |
| Nassar-Krawinkler | 27,76% | 2,16% | 27,76% | 4,06% |
| Newmark-Hall | 27,19% | 2,16% | 27,19% | 4,06% |
| Miranda-Bertero | 27,19% | 2,16% | 27,19% | 4,06% |
| | <i>Dual Shear Walls-Moment Frame Systems</i> | | | |
| | X | | Y | |
| | V _y | D _y | V _y | D _y |
| | 52,84% | 2,16% | 52,84% | 4,06% |
| | 50,58% | 2,16% | 50,58% | 4,06% |
| | 50,01% | 2,16% | 50,01% | 4,06% |

- 4) Berdasarkan hasil ini diketahui bahwa terdapat banyak hal yang mempengaruhi hasil perhitungan metode YPS ini, di antaranya adalah penggunaan parameter perhitungan yang digunakan serta kecakapan dalam penggunaan program perhitungan yang dipakai dalam hal ini SAP 2000.

5.2 Saran

- 1) Metode prediksi *Yield Point Spectra* ini masih bisa digunakan lagi untuk menghitung hasil *performance point* dari analisa nonlinear statik dengan beberapa penyesuaian terhadap parameter-parameter yang digunakan dalam metode ini.

- 2) Untuk menghitung *performance point* dari struktur yang ditinjau ini, bisa menggunakan aplikasi perhitungan selain SAP 2000, seperti ETABS, OpenSees, Perform 3D, dan program perhitungan struktur lainnya.
- 3) Dengan mengganti analisa statik nonlinear menjadi dinamik nonlinear dapat memberikan hasil yang lebih baik, karena menunjukkan perilaku struktur dalam keadaan yang sebenarnya

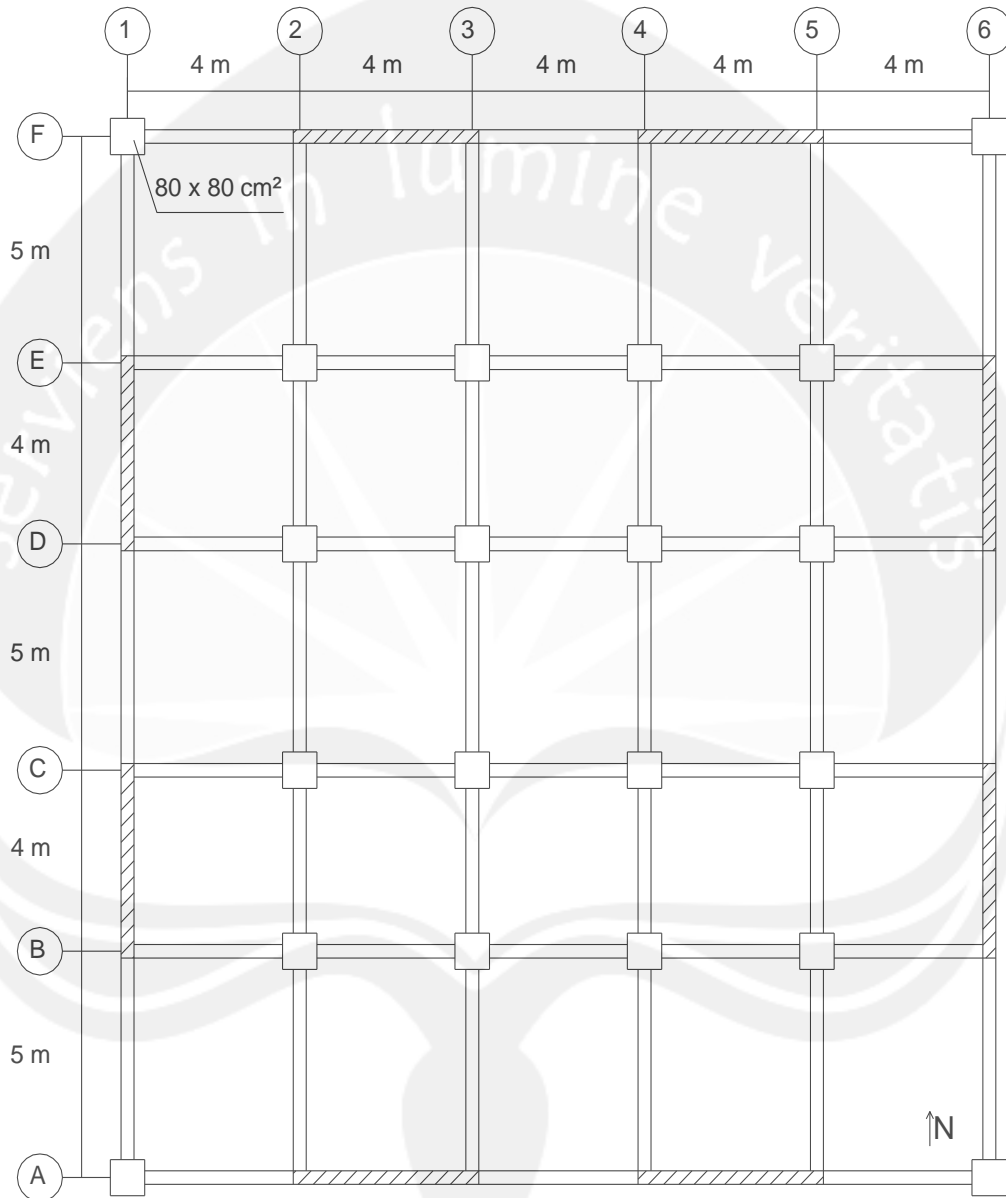


Daftar Pustaka

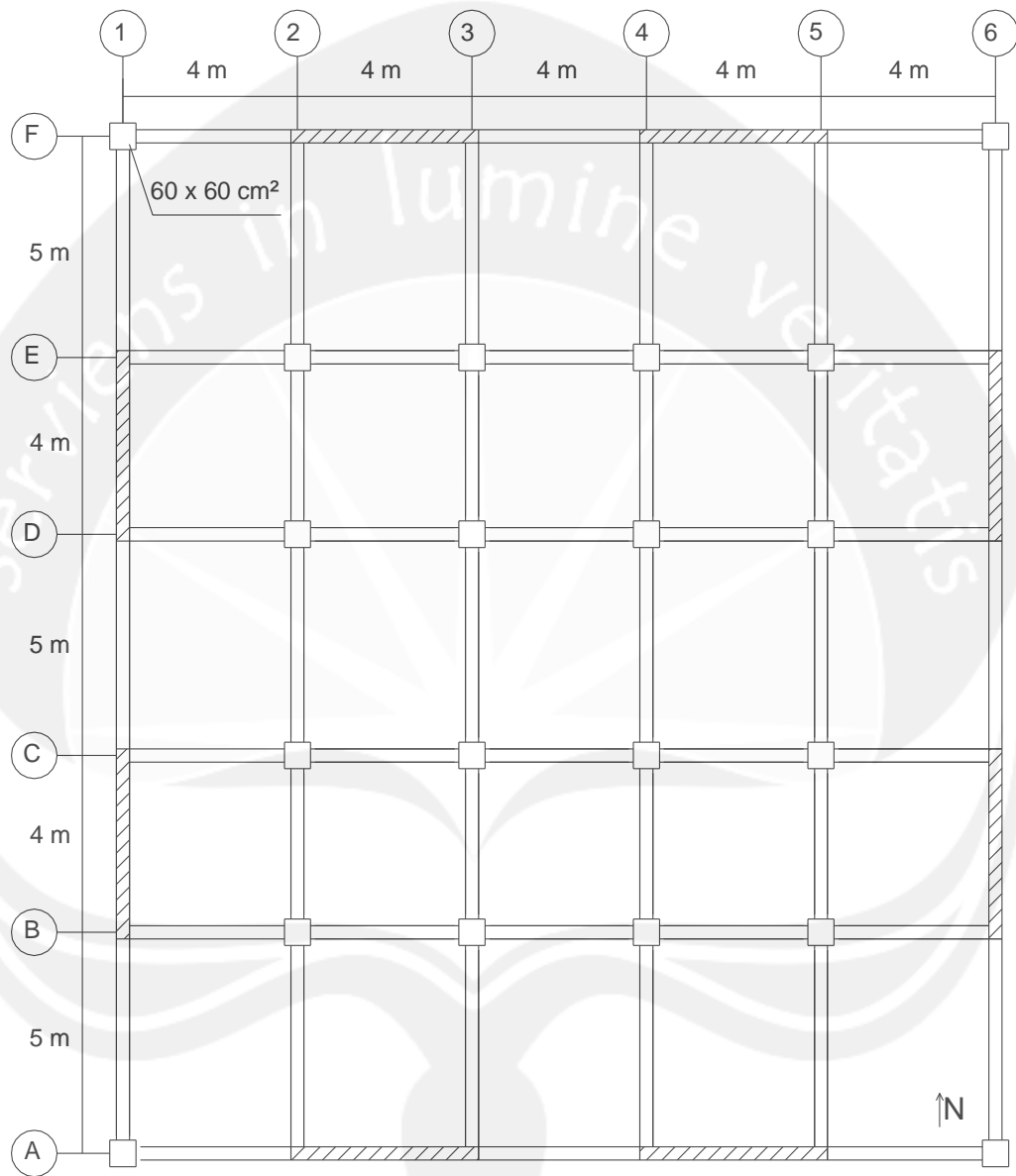
- American Society of Civil Engineers, 2000, *FEMA 356 – Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitations of Buildings*, Reston, Virginia
- Applied Technology Council, 1996, *ATC 40 - Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Redwood City, California, U.S.A.
- Applied Technology Council, 2005, *FEMA 440 - Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedure*, Redwood City, California, U.S.A.
- Arfiadi, Y., 2015, *Perancangan Beban Gempa Berdasarkan Spektra Titik Luluh*, Seminar HAKI, Jakarta.
- Black, E., Aschheim, M., 2000, *Seismic Design and Evaluation of Multistory Buildings Using Yield Point Spectra*, University of Illinois, Illinois.
- Building Seismic Safety Council, 1997, *FEMA 273 – NEHRP Guidelines For The Seismic Rehabilitations Of Buildings*, Washington, D. C.
- Building Seismic Safety Council, 2004, *FEMA 450 – NEHRP Recommended Provisions For Seismic Regulations For New Buildings And Another Structures*, Washington, D. C.
- Chopra, A. K. dan Goel, R. K., *Direct Displacement-Based Design : Use of Inelastic Design Spectra Versus Elastic Design Spectra*, National Science Foundation, California, Berkeley.
- Chopra, A., Goel, R., 1999, *Capacity-Demand-Diagram Methods Based on Inelastic Design Spectrum*, *Earthquake Spectra*, Vol. 15, No. 4.
- Imran, I., Hendrik, F., 2010, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITB, Bandung.
- Miranda, E., Bertero, V., 1994, *Evaluation of Strength Reduction Factors for Earthquake-Resistant Design*, *Earthquake Spectra*, Vol. 10, No. 2.

- Nassar, A. A. dan Krawinkler, H., 1991, *Seismic Demand for SDOF and MDOF Systems*, Report No. 95, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, Stanford, California
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2012, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain* (SNI 1727-2012), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* (SNI 1726-2012), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung* (SNI 2847-2013), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Resource paper 9, 2009, *Seismic Design Using Target Drift, Ductility and Plastic Mechanism as Performance Criteria*, FEMA 750.
- Tjhin, T.N., Aschheim. M., 2004, *Yield displacement Estimates for Displacement-Based Seismic Design of Ductile Reinforced Concrete Structural Wall Buildings*, World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada.
- Widodo, P., 2012, *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

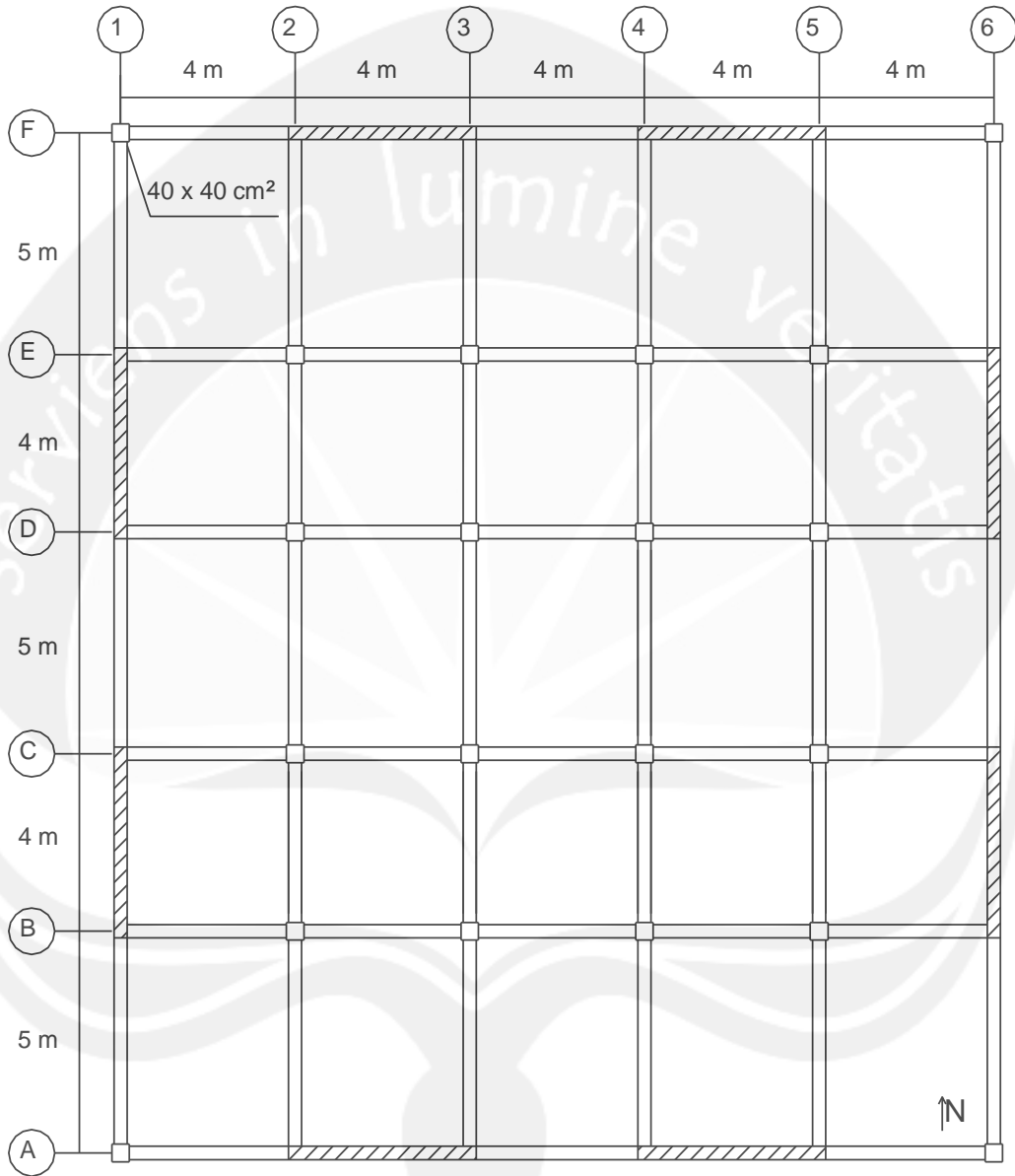
LAMPIRAN



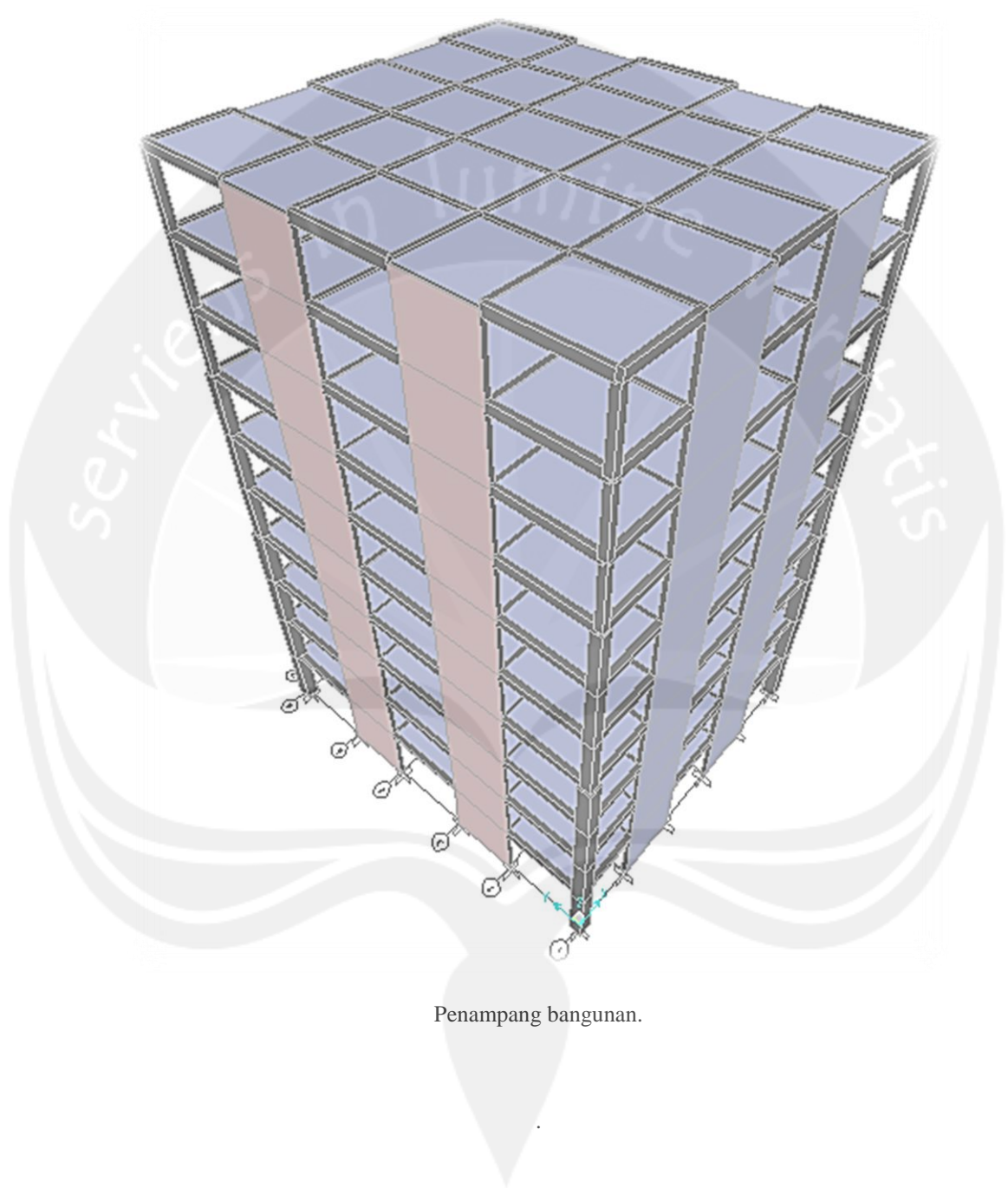
Denah untuk lantai 1-4.



Denah untuk lantai 5-7



Denah untuk lantai 8-10



Penampang bangunan.

Dimensi Balok

2 ujung menerus

$$l = 6 \text{ m} = 6,000 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{6,000}{21} = 285.71 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

$$l = 4 \text{ m} = 4,000 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{4,000}{21} = 190.48 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Tertumpu sederhana

$$l = 6 \text{ m} = 6,000 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{6,000}{16} = 375 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$l = 4 \text{ m} = 4,000 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \frac{4,000}{16} = 250 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

b (lebar) balok umumnya dipakai di lapangan : $1/2h - 2/3h$, sehingga ditetapkan dimensi balok induk yang digunakan seragam untuk tiap lantai = $300 \times 500 \text{ mm}^2$.

Pelat

1) Tebal Pelat

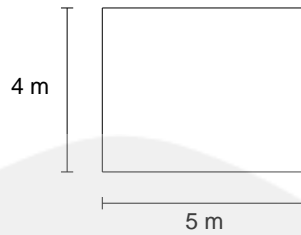
Untuk menentukan tebal pelat yang digunakan, diambil pelat dengan luasan terbesar pada lantai yang ditinjau untuk mewakili perhitungan.

Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

Untuk menentukan tebal pelat pada luasan area $5 \times 4 \text{ m}^2$, perlu diketahui apakah pelat termasuk 1 atau 2 arah.

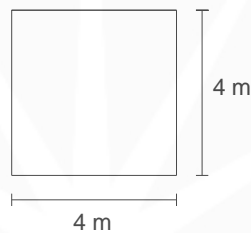


Gambar 1 Dimensi plat lantai.

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{5}{4} = 1.25 < 2 \rightarrow \text{plat termasuk 2 arah.}$$

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{5,000\left(0.8 + \frac{240}{1400}\right)}{36 + \left(9 \cdot \frac{5,000}{4,000}\right)} = 101.59 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$$

tebal plat terpakai untuk tiap lantai adalah 125 mm.



Gambar 2. Dimensi plat lantai.

Perhitungan tebal plat lantai untuk luasan $4 \times 4 \text{ m}^2$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{4} = 1 < 2 \rightarrow \text{plat termasuk 2 arah.}$$

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} = \frac{4,000\left(0.8 + \frac{240}{1400}\right)}{36 + \left(9 \cdot \frac{4,000}{4,000}\right)} = 71.41 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm.}$$

2) Pembebanan pada plat lantai

Pembebanan untuk lantai 1-9 tipikal

$$\text{Plat} = 0.125 \text{ m} * 24 \text{ kN/m}^3 = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pasir (4 cm)} = 0.04 \text{ m} * 17 \text{ kN/m}^3 = 0.68 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ubin + Spesi (4 cm)} = 0.04 \text{ m} * 22 \text{ kN/m}^3 = 0.88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Penutup lantai (1 cm)} = 0.01 \text{ m} * 22 \text{ kN/m}^3 = 0.22 \text{ kN/m}^2$$

| | |
|--------|----------------------------------|
| Plafon | = 0.20 kN/m ² |
| ME | = <u>0.25 kN/m²</u> + |
| | Σ DL = 5.23 kN/m ² |

Beban hidup untuk lantai gedung diambil dari SNI 1727-2013 (Beban Minimum untuk perencanaan Struktur dan Gedung), LL = 4.8 kN/m².

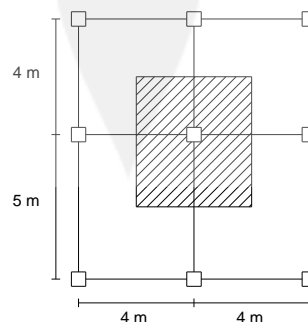
Pembebanan untuk lantai 10 atap

| | |
|---|----------------------------------|
| Pelat = 0.125 m * 24 kN/m ³ | = 3.0 kN/m ² |
| Pasir (4 cm) = 0.04 m * 17 kN/m ³ | = 0.68 kN/m ² |
| Ubin + Spesi (4 cm) = 0.04 m * 22 kN/m ³ | = 0.88 kN/m ² |
| Penutup lantai (1 cm) = 0.01 m * 22 kN/m ³ | = 0.22 kN/m ² |
| Plafon | = 0.20 kN/m ² |
| ME | = <u>0.25 kN/m²</u> + |
| | Σ DL = 5.23 kN/m ² |

Beban hidup untuk lantai gedung diambil dari SNI 1727-2013 (Beban Minimum untuk perencanaan Struktur dan Gedung), LL = 1.0 kN/m².

Dimensi Kolom

Untuk perencanaan kolom diambil kolom yang mendukung luasan area terbesar.



Gambar 3 Perencanaan dimensi kolom.

Direncanakan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$\phi = 0.65$$

$$d = 0.9 h$$

$$\text{Luas area diarsir} = \left(\frac{5}{2} + \frac{4}{2}\right) * \left(\frac{4}{2} * 2\right) = 18 \text{ m}^2$$

$$\text{Dimensi kolom asumsi} = 500 \times 500 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Beban hidup pada lantai perkantoran} = 4.8 * 18 = 86.4 \text{ kN.}$$

$$\text{Beban hidup pada lantai atap perkantoran} = 1.0 * 18 = 18 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat jenis beton} = 24 \text{ kN/m}^3.$$

1) Kolom lantai 10

$$\text{Tinggi kolom lantai 10} = 3.6 \text{ m.}$$

$$\text{Beban mati pada pelat lantai} = 5.23 \text{ kN/m}^2.$$

$$\text{Berat ringbalok} - 0.3 * 0.5 * 2.5 = 0.38$$

$$- 0.3 * 0.5 * 2 = 0.3$$

$$- 0.3 * 0.5 * 2 = 0.3$$

$$- 0.3 * 0.5 * 2 = 0.3$$

$$- \Sigma = 1.28 \text{ m}^3 * 24 = 30.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat plat} = 5.23 * 18 = 94.1 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Total beban mati, } N_D = 30.6 + 94.1 + 21.6 = 146.34 \text{ kN.}$$

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 * 146.38 + 1.6 * 18$$

$$= 204.41 \text{ kN}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{204.41}{0.65} = 314.47 \text{ kN}$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} * d$$

$$c_b = \frac{600}{600 + 400} * 0.9h = 0.54h.$$

$$a = \beta_1 \cdot c_b = 0.85 * 0.54h = 0.46h.$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$314.473.85 = 0.85 * 30 * 0.46h * h$$

$$h = 163.91 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

2) Kolom lantai 9

Tinggi kolom lantai 9 = 3.6 m

Berat pelat lantai 9 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 9

DL lantai 10 = 146.3 kN.

Berat pelat lantai 10 = 5.23 * 18 = 94.1 kN

Berat balok lantai 10 = 30.6 kN.

Berat dinding lantai 10 = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 kN. (bj dinding = 2.5 kN/m²).

Berat sendiri lantai 9 = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 kN.

Total beban lantai 9, N_D = 454.7 kN.

Beban hidup, N_L = 86.4 + 18 = 104 kN.

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 * 454.7 + 1.6 * 104$$

$$= 712.66 \text{ kN.}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{712.66}{0.65} = 1,096.39 \text{ kN.}$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$1,096,393.85 = 0.85 \cdot 30 \cdot 0.46h \cdot h$$

$$h = 306.06 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

3) Kolom lantai 8

Tinggi kolom lantai 8 = 3.6 m

Berat pelat lantai 8 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 8

DL lantai 9 = 454.7 kN.

Berat pelat lantai 9 = 5.23 * 18 = 94.1 kN

Berat balok lantai 9 = 30.6 kN.

Berat dinding lantai 9 = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 kN.

Berat sendiri lantai 8 = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 kN.

Total beban, $N_D = 763 \text{ kN.}$

Beban hidup, $N_L = 86.4 + 86.4 + 18 = 191 \text{ kN.}$

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 * 763 + 1.6 * 191$$

$$= 1,220.9 \text{ kN.}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{1,220.9}{0.65} = 1,878.31 \text{ kN.}$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$1,878,313.85 = 0.85 * 30 * 0.46h * h$$

$$h = 400.6 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

4) Kolom lantai 7

Tinggi kolom lantai 7 = 3.6 m

Berat pelat lantai 7 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 7

DL lantai 8 = 763 kN.

Berat pelat lantai 8 = 5.23 * 18 = 94.1 kN

Berat balok lantai 8 = 30.6 kN.

Berat dinding lantai 8 = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 kN.

Berat sendiri lantai 7 = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 kN.

Total beban, $N_D = 1,071.4 \text{ kN}$.

Beban hidup, $N_L = 86.4 + 86.4 + 86.4 + 18 = 277 \text{ kN}$.

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 * 1,071.4 + 1.6 * 277$$

$$= 1,729.15 \text{ kN}.$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{1,729.15}{0.65} = 2,660.23 \text{ kN}.$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$2,660,233.85 = 0.85 * 30 * 0.46h * h$$

$$h = 476.74 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

5) Kolom lantai 6

Tinggi kolom lantai 6 = 3.6 m

Berat pelat lantai 6 = 5.23 kN/m^2 .

Beban mati lantai 6

DL lantai 7 = $1,071.4 \text{ kN}$.

Berat pelat lantai 7 = $5.23 * 18 = 94.1 \text{ kN}$

Berat balok lantai 7 = 30.6 kN .

Berat dinding lantai 7 = $2.5 * 3.6 * 18 = 162 \text{ kN}$.

Berat sendiri lantai 6 = $0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 \text{ kN}$.

Total beban, $N_D = 1,379.7 \text{ kN}$.

Beban hidup, $N_L = 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 18 = 364 \text{ kN}$.

$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$

= $1.2 * 1,379.7 + 1.6 * 364$

= $2,237.4 \text{ kN}$.

$P_n = \frac{P_u}{\phi}$

= $\frac{2,237.4}{0.65} = 3,442.15 \text{ kN}$.

$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$

$3,442,153.85 = 0.85 * 30 * 0.46h * h$

$h = 542.3 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$

6) Kolom lantai 5

Tinggi kolom lantai 5 = 3.6 m

Berat pelat lantai 5 = 5.23 kN/m^2 .

Beban mati lantai 5

DL lantai 6 = $1,379.7 \text{ kN}$.

Berat pelat lantai 6 = $5.23 * 18 = 94.1 \text{ kN}$

$$\text{Berat balok lantai 6} = 30.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat dinding lantai 6} = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat sendiri lantai 5} = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Total beban, } N_D = 1,688 \text{ kN.}$$

$$\text{Beban hidup, } N_L = 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 18 = 450 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1.2 N_D + 1.6 N_L \\ &= 1.2 * 1,688 + 1.6 * 450 \\ &= 2,745.65 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= P_u / \phi \\ &= 2,745.65 / 0.65 = 4,224 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ 4,224,073.85 &= 0.85 * 30 * 0.46h * h \\ h &= 600.74 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

7) Kolom lantai 4

$$\text{Tinggi kolom lantai 4} = 3.6 \text{ m}$$

$$\text{Berat pelat lantai 4} = 5.23 \text{ kN/m}^2.$$

Beban mati lantai 4

$$\text{DL lantai 5} = 1,688 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat pelat lantai 5} = 5.23 * 18 = 94.1 \text{ kN}$$

$$\text{Berat balok lantai 5} = 30.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat dinding lantai 5} = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat sendiri lantai 4} = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Total beban, } N_D = 1,996.4 \text{ kN.}$$

Beban hidup, $N_L = 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 86.4 + 18 = 536$ kN.

$$\begin{aligned} P_u &= 1.2 N_D + 1.6 N_L \\ &= 1.2 * 1,996.4 + 1.6 * 536 \\ &= 3,253.9 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{P_u}{\phi} \\ &= \frac{3,253.9}{0.65} = 5,005.99 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ 5,005,993.85 &= 0.85 * 30 * 0.46h * h \\ h &= 653.99 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

8) Kolom lantai 3

Tinggi kolom lantai 3 = 3.6 m

Berat pelat lantai 3 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 3

DL lantai 4 = 1,996.4 kN.

Berat pelat lantai 4 = 5.23 * 18 = 94.1 kN

Berat balok lantai 4 = 30.6 kN.

Berat dinding lantai 4 = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 kN.

Berat sendiri lantai 3 = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 kN.

Total beban, $N_D = 2,304.7$ kN.

Beban hidup, $N_L = (86.4 * 7) + 18 = 623$ kN.

$$\begin{aligned} P_u &= 1.2 N_D + 1.6 N_L \\ &= 1.2 * 2,304.7 + 1.6 * 623 \\ &= 3,762.14 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{3,762.14}{0.65} = 5,787.91 \text{ kN.}$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$5,787,913.85 = 0.85 \cdot 30 \cdot 0.46h \cdot h$$

$$h = 703.21 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

9) **Kolom lantai 2**

Tinggi kolom lantai 2 = 3.6 m

Berat pelat lantai 2 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 2

DL lantai 3 = 2,304.7 kN.

Berat pelat lantai 3 = 5.23 * 18 = 94.1 kN

Berat balok lantai 3 = 30.6 kN.

Berat dinding lantai 3 = 2.5 * 3.6 * 18 = 162 kN.

Berat sendiri lantai 2 = 0.5 * 0.5 * 24 * 3.6 = 21.6 kN.

Total beban, $N_D = 2,613.1 \text{ kN.}$

Beban hidup, $N_L = (86.4 * 8) + 18 = 709 \text{ kN.}$

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 * 2,613.1 + 1.6 * 709$$

$$= 4,270.39 \text{ kN.}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{4,270.39}{0.65} = 6,569.83 \text{ kN.}$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$6,569,833.85 = 0.85 \cdot 30 \cdot 0.46h \cdot h$$

$$h = 749.21 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

10) Kolom lantai 1

Tinggi kolom lantai 1 = 4 m

Berat pelat lantai 1 = 5.23 kN/m².

Beban mati lantai 1

$$\text{DL lantai 2} = 2,613.1 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat pelat lantai 2} = 5.23 \cdot 18 = 94.1 \text{ kN}$$

$$\text{Berat balok lantai 2} = 30.6 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat dinding lantai 2} = 2.5 \cdot 3.6 \cdot 18 = 162 \text{ kN.}$$

$$\text{Berat sendiri lantai 1} = 0.5 \cdot 0.5 \cdot 24 \cdot 3.6 = 21.6 \text{ kN.}$$

Total beban, $N_D = 2,941.8 \text{ kN}$.

Beban hidup, $N_L = (86.4 \cdot 9) + 18 = 796 \text{ kN}$.

$$P_u = 1.2 N_D + 1.6 N_L$$

$$= 1.2 \cdot 2,941.8 + 1.6 \cdot 796$$

$$= 4,803.12 \text{ kN.}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

$$= \frac{4,803.12}{0.65} = 7,389.42 \text{ kN.}$$

$$P_n = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$7,389,415.38 = 0.85 \cdot 30 \cdot 0.46h \cdot h$$

$$h = 794.56 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$$

Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

$$\text{Tinggi dinding geser } (h_w) = 36.4 \text{ m} = 36,400 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang dinding geser } (l_w) = 4 \text{ m} = 4,000 \text{ mm}$$

$$1/25 * \text{Tinggi} = 1/25 * 36,400 = 1,456 \text{ mm}$$

$$1/25 * \text{Panjang} = 1/25 * 4,000 = 160 \text{ mm}$$

Ditetapkan tebal dinding geser yang digunakan sebesar 300 mm.

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur gedung dilakukan secara 3D dengan menggambar semua elemen balok, kolom, pelat, dan dinding geser. Dimensi elemen struktur yang diperoleh melalui perhitungan estimasi dimensi diinputkan ke *software SAP 2000 v14.2*.

Dimensi struktur yang akan digunakan untuk analisa adalah sebagai berikut :

| Elemen struktur | Dimensi (mm ²) |
|-----------------|-------------------------------|
| Balok | 300 x 500 |
| Kolom | |
| Lt 1-4 | 800 x 800 |
| Lt 5-7 | 600 x 600 |
| Lt 8-10 | 400 x 400 |

Dengan menggunakan dimensi gedung yang telah di estimasi sebelumnya, selanjutnya dihitung berat dari struktur yang ditinjau dengan hasilnya sebagai berikut :

| Lantai | Z _i | Z _x | W _x | W _x .Z _x |
|--------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 10 | 3.6 | 36.4 | 3,059.28 | 111,357.97 |
| 9 | 3.6 | 32.8 | 4,418.09 | 144,913.33 |
| 8 | 3.6 | 29.2 | 4,418.09 | 129,008.2 |
| 7 | 3.6 | 25.6 | 4,729.59 | 121,077.5 |
| 6 | 3.6 | 22 | 4,729.59 | 104,050.98 |
| 5 | 3.6 | 18.4 | 4,729.59 | 87,024.46 |
| 4 | 3.6 | 14.8 | 5,174.39 | 76,581 |
| 3 | 3.6 | 11.2 | 5,174.39 | 57,953.19 |
| 2 | 3.6 | 7.6 | 5,174.39 | 39,325.38 |
| 1 | 4 | 4 | 6,787.96 | 27,151.84 |
| | Σ | | 48,395.37 | |

Analisis Beban Gempa

Kategori Resiko

Struktur bangunan yang difungsikan menjadi perkantoran ini, berdasarkan SNI Gempa 2012 masuk dalam kategori resiko II.

Faktor keutamaan untuk Kategori Resiko II menurut Tabel 2.2 (SNI 1726-2012) sebesar 1,0.

Parameter S_s dan S_I

Berdasarkan lokasi bangunan yang terletak di kota Yogyakarta, dengan *software* Aplikasi Desain Spektra, diperoleh parameter $S_s = 1,212$ dan $S_I = 0,444$.

Parameter F_a dan F_v

Bangunan direncanakan pada lokasi Tanah Sedang (SD) dan dengan menggunakan Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 untuk menentukan klas situs, diperoleh nilai $F_a = 1.085$ dan $F_v = 1.544$.

Parameter S_{MS} dan S_{M1} berdasarkan MCE_R

Menurut SNI 1726-2012 pasal 6.2, nilai S_{MS} dan S_{M1} ditentukan sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 1.085 \cdot 1.212 = 1.315$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1.544 \cdot 0.444 = 0.686$$

Parameter S_{DS} dan S_{D1}

Menurut SNI 1726-2012 pasal 6.3, nilai S_{DS} dan S_{D1} ditentukan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 1.315 = 0.877$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0.686 = 0.457$$

Kategori Desain Seismik

KDS ditentukan oleh nilai parameter S_{DS} dan S_{D1} beserta Kategori Resiko. Penentuan KDS dengan menggunakan Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 adalah sebagai berikut:

1. Struktur termasuk Kategori Resiko I dan parameter $S_1 = 0,444 < 0,75$, jadi penentuan KDS tergantung pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7, diambil KDS yang memberikan pengaruh terburuk pada struktur.
2. Berdasarkan Tabel 2.6 yang berdasarkan pada S_{DS} dan Kategori Resiko, diperoleh KDS D.
3. Berdasarkan Tabel 2.7 yang berdasarkan pada S_{D1} dan Kategori Resiko, diperoleh KDS D.

Maka, kategori desain seismik struktur adalah kategori desain seismik D.

Desain Respon Spektrum

Nilai T_0 dan T_S dihitung sebagai berikut :

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.2 * 0.457}{0.877} = 0.104$$

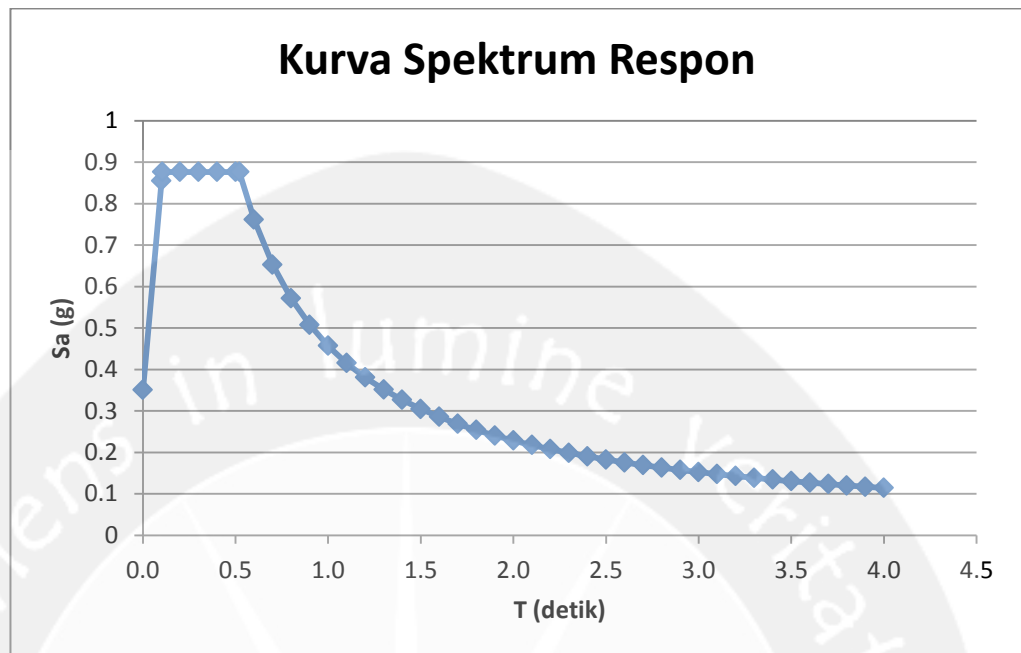
$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.457}{0.877} = 0.521$$

Kurva Respons Spektrum Rencana

Dalam penentuan performance point struktur, perlu dibuat terlebih dahulu kurva respon spektrum (5%) yang nantinya akan dijadikan kurva demand dalam bentuk ADRS, dalam kasus ini kurva respon spektrum mengacu pada SNI 03-1726-2012.

Tabel 1 Spektrum respon percepatan.

| T (detik) | S_a (g) | T (detik) | S_a (g) | T (detik) | S_a (g) | T (detik) | S_a (g) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 0.3506 | 0.9 | 0.5078 | 2.0 | 0.2285 | 3.1 | 0.1474 |
| 0.1 | 0.8549 | 1.0 | 0.4570 | 2.1 | 0.2176 | 3.2 | 0.1428 |
| 0.1043 | 0.8765 | 1.1 | 0.4155 | 2.2 | 0.2077 | 3.3 | 0.1385 |
| 0.2 | 0.8765 | 1.2 | 0.3809 | 2.3 | 0.1987 | 3.4 | 0.1344 |
| 0.3 | 0.8765 | 1.3 | 0.3516 | 2.4 | 0.1904 | 3.5 | 0.1306 |
| 0.4 | 0.8765 | 1.4 | 0.3264 | 2.5 | 0.1828 | 3.6 | 0.127 |
| 0.5 | 0.8765 | 1.5 | 0.3047 | 2.6 | 0.1758 | 3.7 | 0.1235 |
| 0.5214 | 0.8765 | 1.6 | 0.2856 | 2.7 | 0.1692 | 3.8 | 0.1203 |
| 0.6 | 0.7617 | 1.7 | 0.2688 | 2.8 | 0.1632 | 3.9 | 0.1172 |
| 0.7 | 0.6529 | 1.8 | 0.2539 | 2.9 | 0.1576 | 4.0 | 0.1143 |
| 0.8 | 0.5713 | 1.9 | 0.2405 | 3.0 | 0.1523 | | |



Gambar 4 Grafik spektrum respon.

Perhitungan Gaya Geser Dasar

Koefisien Beban Gempa

Jenis struktur yang diterapkan pada bangunan perkantoran ini adalah Sistem Ganda Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Penggunaan jenis sistem struktur ini harus diperiksa terhadap batasan ketinggian struktur untuk setiap KDS berdasarkan Tabel 9 SNI 1726-2012.

KDS D dan koefisien modifikasi respon = 7

h_n maks = tidak dibatasi

$h_n = 36.4$ m.

Dengan menggunakan Tabel 15 (SNI 1726-2012), diperoleh nilai $C_t = 0.0488$ dan $x = 0.75$, setelah itu menggunakan Persamaan 14 untuk menghitung periode fundamental pendekatan (T_a).

Arah Gempa X

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0.0488 * 36.4^{0.75} = 0.723$$

Dari Tabel 2.8, diperoleh nilai $C_u = 1.4$ ($S_{D1} > 0.4$). dengan menggunakan software *SAP 2000 v14.2*, diperoleh waktu getar alami fundamental struktur melalui analisis modal *3D*, langkah berikutnya :

$$T_c = 1.507 \text{ detik.}$$

$$C_u \cdot T_a = 1.4 * 0.723 = 1.012 \text{ detik}$$

$$T_x = 1.507 \text{ detik}$$

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0.877}{7/1} = 0.1252$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T_x \cdot R/I} = \frac{0.877}{1.507 * 7/1} = 0.0433$$

$$C_{smin} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I = 0.044 * 0.877 * 1 = 0.0386$$

$$C_s \text{ dipakai} = 0.0433$$

Arah Gempa Y

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0.0488 * 36.4^{0.75} = 0.723$$

Dari Tabel 2.8, diperoleh nilai $C_u = 1.4$ ($S_{D1} > 0.4$). dengan menggunakan software *SAP 2000 v14.2*, diperoleh waktu getar alami fundamental struktur melalui analisis modal *3D*, langkah berikutnya :

$$T_c = 1.604 \text{ detik.}$$

$$C_u \cdot T_a = 1.4 * 0.723 = 1.012 \text{ detik}$$

$$T_x = 1.604 \text{ detik}$$

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0.877}{7/1} = 0.1252$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T_x \cdot R/I} = \frac{0.877}{1.604 * 7/1} = 0.0407$$

$$C_{smin} = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I = 0.044 * 0.877 * 1 = 0.0386$$

C_s dipakai = 0.0407

Gaya Geser Gempa dan Beban Lateral

Gempa X dan Y

$$\text{Gaya geser gempa} = C_s * W_t = 2,096.48 \text{ kN}$$

$$k_x = 0.5T_x + 0.75 = 1.504$$

Tabel 2 Distribusi beban lateral arah x

| Lt | Zx (m) | Zx ^{kx} (m) | Wx (kN) | Wx · Zx ^{kx} (kN.m) | cvx | Fx (kN) | Vx (kN) |
|----|-----------|-------------------------|------------|---------------------------------|------|------------|------------|
| 10 | 36.4 | 222.39 | 3,059.28 | 680,355.4 | 0.16 | 326.22 | 326.22 |
| 9 | 32.8 | 190.16 | 4,418.09 | 840,138.34 | 0.19 | 402.84 | 729.06 |
| 8 | 29.2 | 159.66 | 4,418.09 | 705,403.48 | 0.16 | 338.23 | 1,067/3 |
| 7 | 25.6 | 131.01 | 4,729.59 | 619,601.25 | 0.14 | 297.09 | ,364.39 |
| 6 | 22 | 104.31 | 4,729.59 | 493,350.98 | 0.11 | 236.56 | 1,600.95 |
| 5 | 18.4 | 79.74 | 4,729.59 | 377,117.85 | 0.09 | 180.82 | 1,782.77 |
| 4 | 14.8 | 57.48 | 5,174.39 | 297,404.67 | 0.07 | 142.6 | 1,924.37 |
| 3 | 11.2 | 37.8 | 5,174.39 | 195,595.38 | 0.04 | 93.79 | 2,018.16 |
| 2 | 7.6 | 21.2 | 5,174.39 | 109,184.89 | 0.02 | 52.35 | 2,070.51 |
| 1 | 4 | 8.04 | 6,787.96 | 54,567.8 | 0.01 | 26.16 | 2,096.68 |
| Σ | | | 48,395.37 | 4,372,720.03 | 1.0 | | |

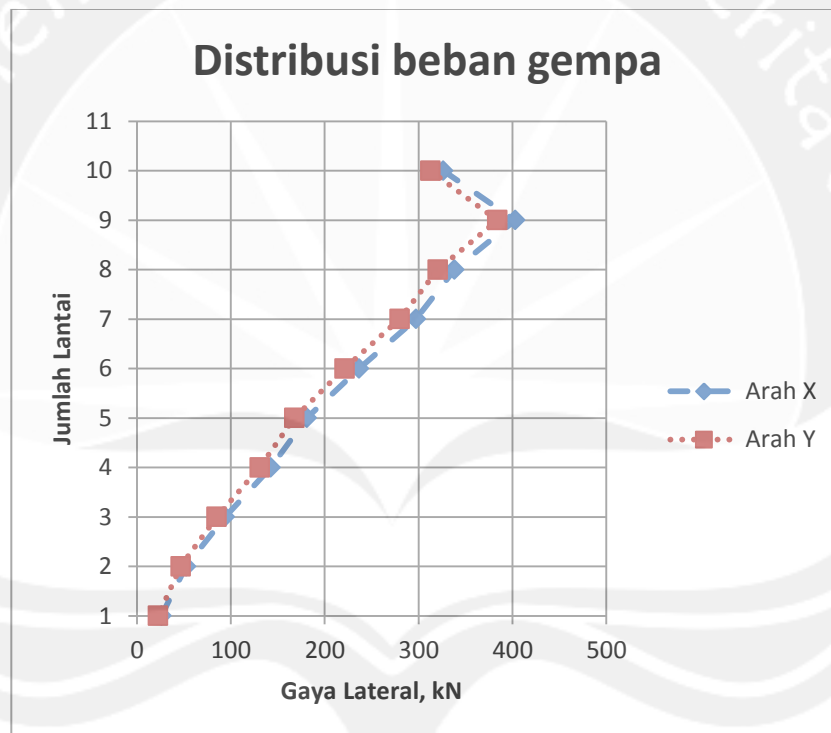
$$\text{Gaya geser gempa} = C_s * W_t = 1,969.88 \text{ kN}$$

$$k_x = 0.5T_x + 0.75 = 1.552$$

Tabel 3 Distribusi beban lateral arah y

| Lt | Zx (m) | Zx ^{kx} (m) | Wx (kN) | Wx · Zx ^{kx} (kN.m) | cvx | Fx (kN) | Vx (kN) |
|----|-----------|-------------------------|------------|---------------------------------|------|------------|------------|
| 10 | 36.4 | 264.75 | 3,059.28 | 809,993.3 | 0.16 | 312.46 | 312.46 |
| 9 | 32.8 | 225.24 | 4,418.09 | 995,109.07 | 0.19 | 383.9 | 696.36 |

| | | | | | | | |
|----------|------|--------|-----------|--------------|------|--------|----------|
| 8 | 29.2 | 188.05 | 4,418.09 | 830,823.3 | 0.16 | 320.52 | 1,016.88 |
| 7 | 25.6 | 153.32 | 4,729.59 | 725,123.4 | 0.14 | 279.74 | 1,296.63 |
| 6 | 22 | 121.18 | 4,729.59 | 573,143.66 | 0.11 | 221.11 | 1,517.74 |
| 5 | 18.4 | 91.83 | 4,729.59 | 434,330.93 | 0.09 | 167.56 | 1,685.3 |
| 4 | 14.8 | 65.5 | 5,174.39 | 338,926.46 | 0.07 | 130.75 | 1,816.05 |
| 3 | 11.2 | 42.5 | 5,174.39 | 219,910.35 | 0.04 | 84.84 | 1,900.89 |
| 2 | 7.6 | 23.28 | 5,174.39 | 120,470.85 | 0.02 | 46.48 | 1,947.37 |
| 1 | 4 | 8.6 | 6,787.96 | 58,362.83 | 0.01 | 22.52 | 1,969.88 |
| Σ | | | 48,395.37 | 5,106,134.15 | 1.0 | | |



Gambar 5 Grafik distribusi beban gempa arah x dan y.