

Perbandingan *Software SAP 2000 V.14* dan *ETABS V.18* pada Analisa Struktur Gedung Serbaguna SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame

Vector Johannes¹, Thobyhend J. M. Sahureka², Joseph T. Tutuarima³

^{1,2} Staf Pengajar Universitas Indoneisa Maluku, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil

Gmail : thobyhensahureka25@gmail.com, vectorjohannes2020@gmail.com

³ Mahasiswa Universitas Indoneisa Maluku, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Gmail : josephutuarima@gmail.com

Abstract

Maluku, located at the convergence of three tectonic plates, is a seismically active region that requires earthquake-resistant building designs. This study analyzes and designs the structure of the multi-purpose building of SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame, constructed on a 1,385 m² site with a building area of 848.7 m². The research process includes preliminary design, seismic load calculations using the equivalent static method (SNI 1726:2019), structural analysis with SAP2000 v.14 and ETABS v.18, and reinforcement design following SNI 2847:2019. Initially, the structure consisted of a 0.15 m floor slab, beams B1 (0.30 m x 0.60 m), beams B2 & BK (0.30 m x 0.40 m), beam BA (0.25 m x 0.30 m), columns K1 (0.40 m x 0.40 m), and K2 (0.30 m x 0.30 m). However, the structural analysis indicated failures, leading to an increase in dimensions: beam B1 (0.40 m x 0.70 m), beams B2 & BK (0.30 m x 0.50 m), beam BA (0.25 m x 0.40 m), column K1 (0.45 m x 0.45 m), and column K2 (0.40 m x 0.40 m). These changes resulted in higher seismic loads: W3 = 569.267 kN, W2 = 1,334.703 kN, and W1 = 826.171 kN. The reinforcement design was adjusted to meet performance standards. The floor slab uses Ø10-125 reinforcement. Beams B1 and B2 have top supports with 9D19 bars and bottom supports with 8D19 bars, along with shear reinforcement of 3D13-110 at supports and 2D13-140 in spans. Beams BK and BA use 3D19 bars at both ends with shear reinforcement of 2D13-110. Column K1 is reinforced with 20D19 main bars and 4D13-110 stirrups.

Keywords: Preliminary Design, SAP2000, ETABS, Structural Analysis, Earthquake-Resistant Design, Reinforcement

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mempermudah analisis dan desain struktur, terutama dengan perangkat lunak seperti SAP2000 dan ETABS. SAP2000 unggul dalam fleksibilitas untuk berbagai jenis struktur, sedangkan ETABS fokus pada analisis gedung bertingkat. Maluku, sebagai wilayah rawan gempa karena berada di pertemuan tiga lempeng tektonik, membutuhkan perencanaan bangunan yang memperhitungkan beban gempa untuk menjamin keamanan.

SAP2000 dan ETABS merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Computers and Structures, Inc. (CSI) yang memiliki berbagai fitur canggih untuk analisis struktur. SAP2000 dikenal karena kemampuannya yang fleksibel dan kemampuannya yang komprehensif dalam menangani berbagai jenis struktur, sedangkan ETABS lebih terfokus pada analisis dan desain bangunan bertingkat. Kedua perangkat lunak ini sering digunakan oleh insinyur sipil untuk memodelkan, menganalisis, dan mendesain struktur bangunan, termasuk gedung bertingkat.

Penelitian ini bertujuan menentukan desain awal (*Preliminary Design*), menganalisis gaya gempa dengan menggunakan metode statik ekuivalen,

membandingkan hasil analisa struktur dan mendesain penulangan struktur utama pada gedung SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan Perbandingan *Software SAP 2000 V.14* dan *ETABS V.18* Pada Analisa Struktur Gedung Serbaguna SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Aplikasi Analisa Struktur

1. ETABS

ETABS adalah program yang digunakan untuk menganalisis dan perancangan struktur bangunan dengan lebih akurat dan cepat. Program *ETABS* dapat menentukan analisis dan dimensi pada struktur yang sebelumnya memerlukan waktu relatif lama dan dikerjakan secara manual, serta akurasi tidak dapat dijamin (Syah et al., 2023).

2. SAP 2000

Program 2000 (SAP2000) merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk dioperasikan. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain, yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan (Simatupang et al., 2020)

2.2 Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung

yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layanan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material (SNI 1727 – 2020) hal 21.

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727 – 2020) hal 25.

3. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang sangat tidak dapat diperkirakan baik besarnya, arahnya, maupun saat terjadinya. Besarnya beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan, tergantung dari banyak variabel. Gaya horizontal, gaya vertikal dan momen torsi yang terjadi akibat gempa pada struktur, sangat tergantung pada berat dan kekakuan material struktur, konfigurasi dan sistem struktur, periode atau waktu getar struktur, kondisi tanah dasar, wilayah gempa, serta perilaku gempa itu sendiri (Bambang Siswanto & Afif Salim, n.d)

2.3 Analisa Struktur Tahan Gempa

1. Analisa Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen merupakan perhitungan yang disederhanakan dari beban gempa sebenarnya, penyederhanaan menjadi gaya horizontal diakibatkan dari gaya inersia yang bekerja di suatu massa akibat gempa. Pembebanan gempa yang sebenarnya bersumber dari gerakan tanah di dasar, yang kemudian menjalar pada elemen bangunan.

2. Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen

a. Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e)

Suatu faktor yang memperhitungkan tingkat risiko terhadap keselamatan jiwa, kesehatan dan kesejahteraan terkait kerusakan atau kehilangan fungsi/kegunaan suatu fasilitas

b. Menentukan nilai koefisien modifikasi respon, R

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_d dan Ω_0

c. Definisi Kelas Situs

d. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan

dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismic.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots(1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(2)$$

e. Menghitung periode fundamental pendekatan (T_a)

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots(3)$$

$$T_a = 0,1N \dots\dots\dots(4)$$

f. Geser dasar seismik (V)

Gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots(5)$$

g. Perhitungan koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(6)$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (2.6) tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(7)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(8)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,0 \dots\dots\dots(9)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(10)$$

h. Distribusi Vertikal Gaya Gempa (F_x)

Gaya seismik lateral F_x di tiap tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots(11)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_x h_x^k} \dots\dots\dots(12)$$

2.4. Preliminary Design

Preliminary design merupakan desain atau perencanaan dimensi dan material pada tahap awal, di mana pada tahap itu akan pakai untuk melakukan permodelan awal struktur yang berupa dua dimensi atau tiga dimensi

1. Pelat

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Tinggi minimum pelat satu arah dapat dilihat pada Tabel 1 dan ketebalan minimum pelat dua arah non prategang tanpa balok interior dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tinggi Minimum Pelat Satu Arah,
Sumber : SNI 2847 – 2019

Kondisi perletakan	Minimum $h^{(1)}$
Tumpuan sederhana	L/20
Satu ujung variabel	L/24
Kedua ujung menerus	L/28
Kantilever	L/10

Tabel 2. Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang Tanpa Balok Interior,
Sumber : SNI 2847 – 2019

F_y MPa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

2. Balok

Balok merupakan bagian dari struktur suatu bangunan yang kaku yang memiliki fungsi untuk meneruskan beban-beban dari pelat lantai ke kolom. Balok merupakan elemen struktur yang di desain untuk memanjang, momen lentur dan gaya geser yang akan terjadi akibat gaya transversal yang terjadi terhadap sumbunya di sepanjang bentangnya (Arini, 2021). Tinggi minimum balok dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tinggi Minimum Balok,
Sumber : SNI 2847 – 2019

Kondisi perletakan	Minimum $h^{(1)}$
Perletakan sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Lebar balok akan ditentukan berdasarkan (SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk

Bangunan Gedung, n.d.), pasal 18.6.2.1. , yaitu
 $b = 0.3h$ atau 250 mm.....(13)

3. Kolom

Kolom merupakan elemen vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom adalah suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan. Fungsi kolom ialah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke fondasi. (Afnaldi & Dewi, 2022)

Berdasarkan SNI 2847 – 2019, pasal 9.3.2.2 luas kolom dapat hitung sebagai berikut

$$A_g = \frac{W_u}{0,3 \times f'_c} \dots\dots\dots(14)$$

2.5. Penulangan Elemen Struktur

1. Penulangan Pelat

Perhitungan tulangan pelat:

a. Beban rencana terfaktor

$$Q_u = 1,2q_D + 1,6q_L \dots\dots\dots(15)$$

b. Momen pelat akibat beban terfaktor

$$M_u = 0,001 \times Q_u \times (L_x)^2 \times \text{Koef. Momen} \dots\dots\dots(16)$$

c. Kebutuhan tulangan

$$d = T. \text{Pelat} - (\text{Selimut} + \frac{1}{2} \text{Dia. Tulangan}) \dots\dots\dots(17)$$

$$K = \frac{M_n L_x}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(18)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \dots\dots\dots(19)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(20)$$

Nilai ρ harus lebih besar dari pada $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(21)$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \beta_1 \times \left(\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(22)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho \dots\dots\dots(23)$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\text{maks}}$

Menghitung tinggi blok tegangan balok tekan:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots(24)$$

Tulangan Pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} \dots\dots\dots(25)$$

$f'_c < 31,36$ Mpa jadi :

$$A_s u = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} \dots\dots\dots(26)$$

Jarak Tulangan :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s,u}} \dots\dots\dots(27)$$

$s \leq (3 \cdot h \text{ s/d } 450 \text{ mm})$ berdasarkan SNI 2847 – 2019, pasal 7.7.2.3

As tulangan pakai

$$A_s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s} \dots\dots\dots(28)$$

d. Tulangan bagi:

$$A_s, b = 20 \% \dots\dots\dots(29)$$

e. Momen nominal:

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots(30)$$

f. Momen desain plat:

$$M_d = \phi \cdot M_n \dots\dots\dots(31)$$

Syarat : $M_d > M_u$ (Ok)

2. Penulangan Balok

Syarat – syarat penulangan balok (SNI 2847 – 2019)

- Jarak minimum tulangan utama = 25 mm
- Spasi maksimum $s = 300$ mm
- Spasi Sengkang $4/d$, $6d_b$ atau 150 mm
- Lebar penampang b , harus sekurangnya dari $0,3h$
- Rasio tulangan (ρ) tidak boleh melebihi 0,025

Perhitungan tulangan geser:

$$M_{pr} = A_s(1,25fy) \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(32)$$

$$a = \frac{A_s \cdot 1,25fy}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(33)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \times l_n}{2} \dots\dots\dots(34)$$

3. Penulangan Kolom

Syarat-syarat penulangan kolom (SNI 2847 – 2019)

- Batasan untuk faktor reduksi kekuatan, yaitu sebesar 0,65 untuk sengkang persegi dan 0,75 untuk sengkang spiral.
- Minimum jarak tulangan sebesar 1,5db atau 40 mm
- Maksimum jarak tulangan utama 350 mm
- Spasi tulangan Sengkang tidak boleh melebihi nilai $d/4$, $6d_b$, dan 150 mm
- Kait pengikat sudutnya tidak boleh melebihi 135°

$$M_{pr} = A_s(1,25fy) \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(35)$$

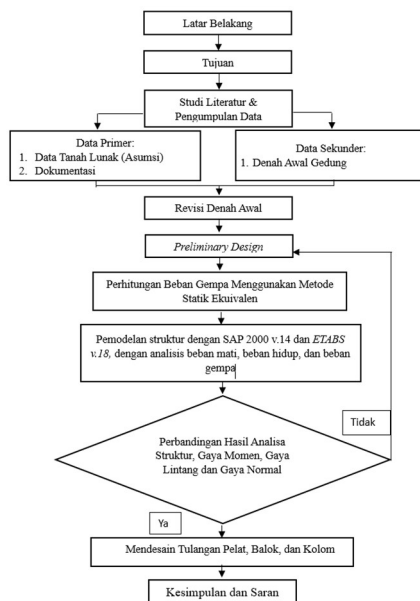
$$a = \frac{A_s \cdot 1,25fy}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(36)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \dots\dots\dots(37)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1. Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian akan ditinjau pada Perencanaan Bangunan Gedung Serbaguna SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame, yang berada di Wayame, Kec. Teluk. Ambon, Maluku (Gambar 2).



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.3. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer meliputi revisi denah gedung serbaguna SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame berserta dokumentasi. Asumsi tanah lunak diambil sebagai langkah konservatif untuk memastikan keamanan struktur terhadap gempa

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari Tim Perencanaan Gedung Serbaguna SM-TPI Klasik Pulau Ambon Utara Jemaat Wayame berupa denah awal gedung.

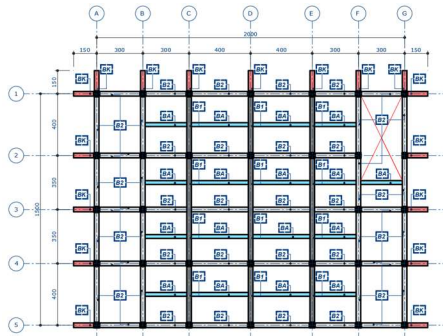
3.4. Teknik Analisa Data

Teknik analisa data melibatkan serangkaian langkah yang sistematis, yakni untuk mendesain awal (*Preliminary Design*) struktur bangunan gedung, membandingkan hasil analisa struktur SAP 2000 v.14 dan ETABS v.18, serta perhitungan beban gempa dengan menggunakan metode statik ekuivalen, dan perhitungan penulangan struktur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Balok

Rencana balok dapat dilihat pada Gambar 3, penampang balok induk dapat dilihat pada Gambar 4, dan rekapitulasi dimensi balok dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 3. Rencana Balok

1. Balok Induk

$$L = 7 \text{ m} = 7000 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{7000}{16} = 437,50 \text{ mm}$$

h pakai = 500 mm
dan

$$b_{\min} = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ mm}$$

$$b_{\min} = 250 \text{ mm}$$

$$b_{\text{pakai}} = \frac{2}{3} 500 = 333,33 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

dan

$$ds = \text{Selimut beton} + \emptyset \text{ Sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. Lentur}$$

$$ds = 40 + 10 + \frac{1}{2} 16 = 58 \text{ mm}$$

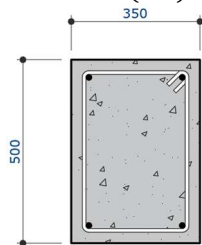
$$d = h - ds' = 500 - 58 = 442 \text{ mm}$$

$$4d = 4 \cdot 442 = 1768 \text{ mm}$$

$$Ln = L - \frac{c1}{2} - \frac{c2}{2}$$

$$Ln = 7000 - \frac{400}{2} - \frac{400}{2} = 6600 \text{ cm}$$

$$Ln > 4d \text{ (OK)}$$



Gambar 4. Penampang Balok Induk

Tabel 4. Rekapitulasi Dimensi Balok

Kode	Panjang	H Estimasi			B Estimasi	B	H
	L max	cm			cm	Pakai	Pakai
	cm	L/16	L/21	L/8	$\frac{1}{2} s/d \frac{2}{3} H$	cm	cm
Balok Induk B1	700	43,75			33,33	35,00	50,00
Balok Induk B2	400	25,00			20,00	25,00	30,00
Balok Anak	400		19,05		16,67	25,00	25,00
Balok Kantilever	150			18,75	16,67	25,00	25,00

4.2. Perencanaan Pelat

Rencana pelat dapat dilihat pada Gambar 5 dan

rekapitulasi dimensi pelat dapat dilihat pada Tabel 5.

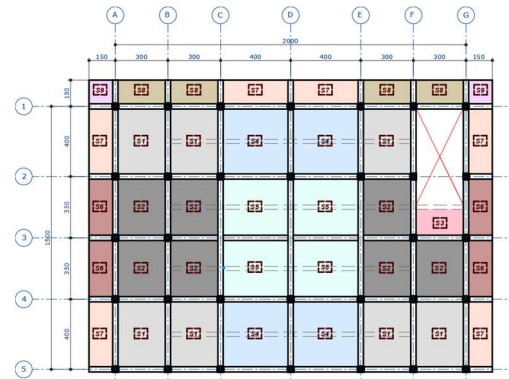
Panjang bentang pelat arah x, (L_x) = 3000 cm

Panjang bentang pelat arah y, (L_y) = 400 cm

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{3000} = 1,33 < 2 \text{ Pelat Dua Arah}$$

Tebal minimum untuk pelat dua arah ditentukan berdasarkan pada SNI 2847:2019, dengan menggunakan $f_y = 280 \text{ MPa}$ dan Pelat S1 merupakan panel interior sehingga menggunakan tebal minimum pelat antara lain:

$$\text{Tebal minimum} = \frac{Ln}{36} = \frac{400}{36} = 11,11 = 12,5 \text{ cm}$$



Gambar 5. Rencana Pelat

Tabel 5. Rekapitulasi Dimensi Pelat

Kode Pelat	Dimensi		L_y/L_x	Tipe Arah	h (min)	h hitung (cm)	h pakai (mm)
	L_y (cm)	L_x (cm)					
S1	400	300	1,33	2	11,1	86,85	125
S2	350	300	1,17	2	9,72	84,83	125
S3	300	175	1,71	2	8,33	66,0	125
S4	400	400	1,00	2	11,11	79,56	125
S5	400	350	1,14	2	11,11	81,79	125
S6	350	150	2,33	1	12,5	-	150
S7	400	150	2,67	1	14,28	-	150
S8	300	150	2,00	1	10,71	-	150
S9	150	150	1,00	2	4,17	3,0	150

4.3. Perencanaan Kolom

Perhitungan Dimensi Kolom

Beban Mati (q_D) = 266,69 kN

Beban Hidup (q_L) = 128,532 kN

$q_U = 1,4 \times q_D$

$= 1,4 \times 266,69 = 373,37 \text{ kN}$

$q_U = (1,2 \times q_D) + (1,6 \times q_L)$

$= (1,2 \times 266,69) + (1,6 \times 128,532)$

$= 525,679 \text{ kN}$

Dari perhitungan di atas maka diambil kondisi yang menentukan yaitu sebagai berikut:

$q_U = 525,679 \text{ kN}$

$q_U = 525679 \text{ N}$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 21,7 \text{ MPa}$$

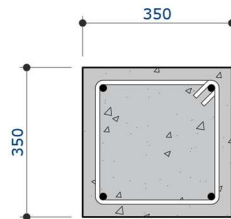
$$\text{Dimensi kolom} = \frac{P}{0,3 \times f'c} = \frac{525679}{0,3 \times 21,7} = 80.749,456 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi h} = b \text{ Maka } A = b^2$$

$$B = \sqrt{80.749,456} = 284,16 \text{ mm}$$

Diambil dimensi kolom K1 = 350 x 350 mm

Gambar penampang kolom dapat dilihat pada Gambar 6 dan rekapitulasi dimensi kolom pada Tabel 6.



Gambar 6. Penampang Kolom K1

Tabel 6. Rekapitulasi Dimensi Kolom

Kode Kolom	Dimensi	
	B (mm)	H (mm)
K1	350	350

4.4. Perhitungan Beban Gempa Statik Ekuivalen (SNI-1726-2019-Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa)

1. Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa dipilih berdasarkan jenis dan fungsi gedung yang akan direncanakan gedung yang akan direncanakan III dengan faktor keutamaan gempa ialah 1,25.

2. Kelas Situs

Penentuan kelas situs berdasarkan asumsi kondisi tanah lunak. (SE).

3. Parameter Respon Spektral

Nilai S_s dan S_1 dapat diambil berdasarkan respon spektrum pada lokasi gedung yang dapat diakses melalui situs web <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id>. Didapat nilai $S_s = 1,0837$ dan $S_1 = 0,3913$.

Interpolasi nilai F_a dan F_v

$$F_a = \frac{1,083 - 1,0}{1,25 - 1,0} (0,9 - 1,1) + 0,9 = 1,033$$

$$F_v = \frac{0,3913 - 0,5}{0,5 - 0,25} (3,3 - 4,2) + 3,3 = 3,691$$

Maka:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,033 \times 1,0837 = 1,120$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 3,691 \times 0,3913 = 1,444$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,120 = 0,746$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 1,444 = 0,963$$

4. Kategori Desain Seismik

Gedung yang direncanakan ini termasuk pada kategori risiko D.

5. Parameter Struktur

Nilai parameter struktur untuk rangka beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus maka $R = 8$, $\Omega_0 = 3$ dan $C_d = 5,5$.

6. Waktu Getar Alami

Periode fundamental pendekatan (T_a), dapat dihitung berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019

Menghitung periode fundamental perkiraan:

$$h_n = 12 \text{ m}$$

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0466 \times 12^{0,9} = 0,436 \text{ detik}$$

Menghitung batas atas periode struktur

$$C_u T_a = 1,4 \times 0,436 = 0,61 \text{ detik}$$

$$T_a = 0,1N \text{ dengan}$$

N = jumlah tingkatan = 3, sehingga

$$T_a = 0,1 \times 3 = 0,3 \text{ detik}$$

Digunakan nilai $T = 0,61$ detik

7. Geser Dasar Seismik (V)

Gaya geser seismik, (V), dapat dihitung berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.1

$$V = C_s \times W$$

$$\text{Jika } T < T_L \text{ maka } C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$\text{Untuk } T \geq T_L \text{ } C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Jika $S_1 > 0,6g$ maka nilai C_s tidak boleh kurang C_s

$$= \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Nilai $C_s < 0,044 S_{DS} I_e > 0,01$

$T_L = 8$ detik (Gambar 20 SNI 1726:2019)

$T = 0,61$ detik $< T_L$ maka

$$C_s \text{ max} = \frac{0,994}{0,61 \left(\frac{8}{1,25} \right)} = 0,254 \text{ detik}$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \times 0,994 \times 1,25 = 0,530 > 0,01$$

Digunakan nilai $C_s = 0,254$

8. Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Total Beban Mati

$$= W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 846,163 + 2631,598 + 3318,103$$

$$= 6795,8631 \text{ kN}$$

Total Beban Hidup

$$= 288 + 1199 + 1258$$

$$= 2744,53 \text{ kN}$$

Berat Total Bangunan

$$= 6795,8613 + 2744,53$$

$$= 9540,3913 \text{ kN}$$

9. Distribusi Vertikal Gaya Gempa (F_x)

Gaya seismik lateral F di tiap Tingkat harus ditentukan berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.3

$$F = C_v \cdot V$$

$$C_s = 0,245 \text{ detik}$$

$$W_t = 9540,393 \text{ kN}$$

$$V = 0,245 \times 9540,393 = 2350,77 \text{ kN}$$

Distribusi gaya gempanya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Distribusi Gaya Gempa

Tingkat	Tinggi	Berat	Wi.hi ^k	Cv	F	Story Shear
	hi (m)	Wi (kN)		Wi.hi ^k	Cv . V	V
				$\sum Wi.hi^k$		
W3	12	1134,16	15615,32	0,209	491,788	491,788
W2	8,5	3830,18	36647,83	0,4911	1154,185	1645,972
W1	4,5	4576,05	22378,72	0,300	704,794	2350,767
Σ		9540,39	74641,87	1,00	2350,77	
Note:	K = 1,055		Cs = 0,245		V = 2350,77	

4.5. Analisa dan Pemodelan Struktur

Hasil output analisa struktur dapat dilihat pada Gambar 7. Dengan lendutan sebesar 112,895 mm, nilai ini lebih besar dari semua batas tersebut, baik untuk L/480, L/360, maupun L/240, yang berarti struktur ini tidak aman terhadap lendutan dan perlu dilakukan perbaikan. mendukung elemen non struktural. oleh karena itu, diperlukan penyesuaian dengan memperbesar dimensi struktur balok dan kolom.

Penyesuaian dimensi

a. Dimensi Pelat

$$\begin{aligned} S1 - S5 &= 0,125 \text{ m} \\ S6 - S9 &= 0,150 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Dimensi balok

$$\begin{aligned} \text{Balok B1} &= 0,40 \text{ m} \times 0,70 \text{ m} \\ \text{Balok B2 \& BK} &= 0,30 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \\ \text{Balok BA} &= 0,25 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dimensi kolom

$$\begin{aligned} \text{Kolom K1} &= 0,45 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \\ \text{Kolom K2} &= 0,40 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \\ \text{Didapat total beban mati} &= W1 + W2 + W3 \end{aligned}$$

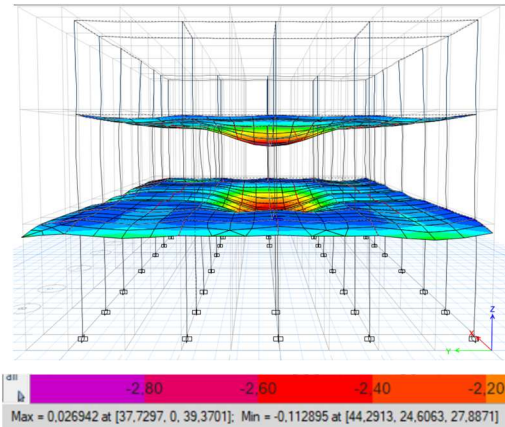
$$\begin{aligned} &= 1023,513 + 3170,718 + 3978,983 \\ &= 8173,2131 \text{ kN} \end{aligned}$$

Didapat total beban hidup

$$\begin{aligned} &= W1 + W2 + W3 \\ &= 288 + 1199 + 1258 \\ &= 2744,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat Total Bangunan

$$\begin{aligned} &= 8172,2131 + 2744,53 \\ &= 10917,7431 \text{ kN} \end{aligned}$$

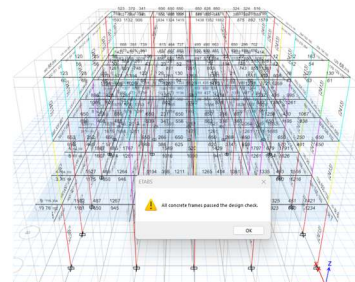


Gambar 7. Hasil Output Analisa Struktur

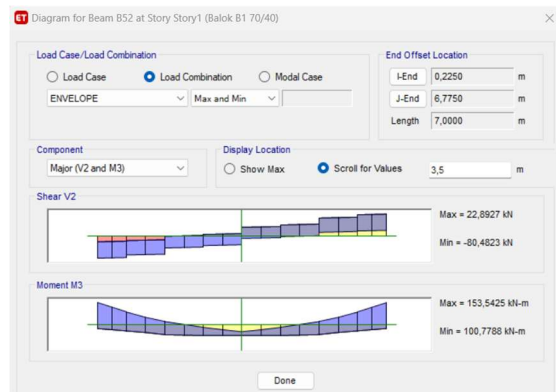
Distribusi gaya gempa dapat dilihat pada Tabel 8, hasil *output* dari ETABS dapat dilihat pada Gambar 8, dan hasil analisa balok B1 70/40 dengan ETABS dapat dilihat pada Gambar 9 serta Gambar 10.

Tabel 8. Distribusi Gaya Gempa

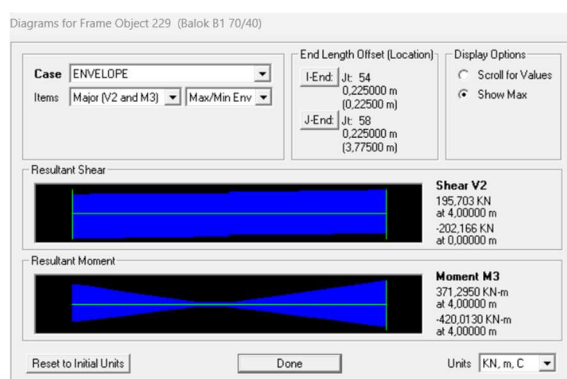
Tingkat	Tinggi	Berat	Wi.hi ^k	Cvx	Fx	Story Shear
	hi (m)	Wi (kN)		Wi.hi ^k	Cvx . V	V
				$\sum Wi.hi^k$		
W3	12	1311,51	18057,10	0,211	568,316	568,316
W2	8,5	4369,30	41806,22	0,489	1315,779	1884,095
W1	4,5	5236,93	25610,69	0,300	806,052	2690,148
Σ		10917,74	85474,01	1,00	2690,148	
Note:	K = 1,055		Cs = 0,245		V = 2690,148	



Gambar 8. Hasil Output ETABS



Gambar 9. Hasil Analisa Balok B1 70/40 ETABS



Gambar 10. Hasil Analisa Balok B1 70/40 ETABS

4.6. Perbandingan Analisa Struktur SAP 2000 v.14 dan ETABS v.18

Terdapat perbedaan dalam pemodelan struktur antara SAP 2000 dan ETABS, terutama dalam penginputan data material, di mana SAP 2000 lebih sederhana sementara ETABS lebih kompleks dan membutuhkan lebih banyak parameter, namun menghasilkan analisis yang lebih mendalam. SAP 2000 menunjukkan momen lentur yang lebih besar, sedangkan ETABS menghasilkan gaya geser yang lebih tinggi, kemungkinan karena sensitivitas analisis dinamisnya terhadap beban lateral. SAP 2000 cocok untuk analisis cepat dan sederhana, sementara ETABS lebih unggul dalam memberikan detail kompleks, khususnya untuk bangunan yang mengalami beban dinamis.

4.7. Penulangan Elemen Struktur

1. Pelat Lantai

Mutu beton (f'_c) = 21,7 MPa
Mutu baja (f_y) = 280 MPa
Tebal pelat lantai = 125 mm dan 150 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis tulangan pelat:

Tulangan sumbu x = $\emptyset 10 - 125$ mm

Tulangan sumbu y = $\emptyset 10 - 125$ mm

2. Balok

a. Balok Induk (B1)

Dimensi balok $h = 70$ cm

$b = 40$ cm

Diameter tulangan Utama = D19 mm

Diameter sengkang = D13 mm

Mutu beton (f'_c) = 21,7 MPa

Mutu baja (f_y) = 280 MPa

Selimut beton = 40 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis balok B1:

Daerah tumpuan atas = 9D19

Daerah tumpuan bawah = 8D19

Daerah lapangan atas = 7D19

Daerah lapangan bawah = 5D19

Tulangan tumpuan sengkang = 3D13 – 110 mm

Tulangan lapangan Sengkang = 2D13 – 140 mm

b. Balok Induk (B2)

Dimensi balok $h = 50$ cm

$b = 30$ cm

Diameter tulangan Utama = D19 mm

Diameter sengkang = D13 mm

Mutu beton (f'_c) = 21,7 MPa

Mutu baja (f_y) = 280 MPa

Selimut beton = 40 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis balok B2:

Daerah tumpuan atas = 9D19

Daerah tumpuan bawah = 8D19

Daerah lapangan atas = 7D19

Daerah lapangan bawah = 5D19

Tulangan tumpuan sengkang = 3D13 – 110 mm

Tulangan lapangan Sengkang = 2D13 – 140 mm

c. Balok Kantilever (BK)

Dimensi balok $h = 50$ cm

$b = 30$ cm

Diameter tulangan Utama = D19 mm

Diameter sengkang = D13 mm

Mutu beton (f'_c) = 21,7 MPa

Mutu baja (f_y) = 280 MPa

Selimut beton = 40 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis balok BK:

Daerah tumpuan atas = 3D19

Daerah tumpuan bawah = 3D19

Tulangan lapangan Sengkang = 2D13 – 140 mm

d. Balok Anak (BA)

Dimensi balok, $h = 40$ cm

$b = 25$ cm

Diameter tulangan Utama = D19 mm

Diameter sengkang = D13 mm

Mutu beton (f'_c) = 21,7 MPa

Mutu baja (f_y) = 280 MPa

Selimut beton = 40 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis balok BA:

Daerah tumpuan atas = 3D19
 Daerah tumpuan bawah = 3D19
 Daerah lapangan atas = 2D19
 Daerah lapangan bawah = 2D19
 Tulangan tumpuan sengkang = D13 – 110 mm
 Tulangan lapangan Sengkang = D13 – 140 mm

3. Kolom

a. Kolom (K1)

Dimensi balok $h = 45 \text{ cm}$
 $b = 45 \text{ cm}$
 Diameter tulangan Utama = D19 mm
 Diameter sengkang = D13 mm
 Mutu beton (f_c') = 21,7 MPa
 Mutu baja (f_y) = 280 MPa
 Selimut beton = 40 mm

Berikut adalah perhitungan yang diperoleh dari analisis balok K1:

Tulangan utama = 20D19
 Tulangan lapangan Sengkang = 4D13 – 110 mm

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Preliminary Design

- a. Dimensi pelat lantai yang digunakan dalam desain adalah 150 m pada pelat S1 – S5 dan 0,125 m pada pelat S6 – S9
 - b. Dimensi balok bervariasi, di mana Balok B1 memiliki ukuran 0,50 m x 0,35 m, Balok B2 memiliki ukuran 0,30 m x 0,25 m, serta Balok BA dan BK memiliki ukuran 0,25 m x 0,25 m.
 - c. Kolom yang digunakan, yaitu Kolom K1 berukuran 0,35 m x 0,35 m
2. Gaya gempa yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode statik ekuivalen menunjukkan nilai yang bervariasi pada tiap lantai, yaitu:
 - a. W3: 491,788 kN
 - b. W2: 1154,185 kN
 - c. W1: 704,794 kN

3. Perbandingan Analisis Struktur SAP2000 dan ETABS

- a. Pemodelan struktur pada SAP2000 lebih sederhana dibandingkan ETABS, terutama dalam penginputan data material dan elemen struktur.
- b. Momen lentur yang dihasilkan oleh SAP2000 lebih besar dibandingkan dengan ETABS, yang mengindikasikan bahwa SAP2000 memperkirakan beban yang lebih besar pada elemen-elemen tersebut.

Namun, ETABS menunjukkan gaya geser yang lebih besar, terutama pada balok utama, yang mengindikasikan analisis dinamis ETABS lebih sensitif terhadap efek lateral dan gaya geser akibat beban gempa.

- c. Berdasarkan hasil analisa, struktur yang di rencanakan mengalami kegagalan dalam menahan beban yang bekerja pada gedung, sehingga dilakukan penyesuaian dimensi balok dan kolom. Dimensi balok diperbesar menjadi:

- 1) Balok B1 : 0,40 m x 0,70 m
- 2) Balok B2 & BK : 0,30 m x 0,50 m
- 3) Balok BA : 0,25 m x 0,40 m

Sedangkan dimensi kolom diperbesar menjadi:

- 1) Kolom K1 : 0,45 m x 0,45 m
- 2) Kolom K2 : 0,40 m x 0,40 m

Dengan beban gempa yang dihasilkan dari perubahan dimensi menjadi:

- 1) W3: 568,316 kN
- 2) W2: 1315,779 kN
- 3) W1: 806,052 kN

4. Penulangan Elemen Struktur

- a. Penulangan pelat lantai menggunakan tulangan Ø10-125 untuk tumpuan dan lapangan.
- b. Penulangan balok direncanakan sebagai berikut:
 - 1) Balok B1: Tulangan tumpuan 9D19 sisi atas dan 8D19 sisi bawah, pada tulangan lapangan 7D19 sisi atas dan 5D19 sisi bawah dengan tulangan geser tumpuan 3D13-110, tulangan geser lapangan 2D13-140
 - 2) Balok B2: Tulangan tumpuan 9D19 sisi atas dan 8D19 sisi bawah, pada tulangan lapangan 7D19 sisi atas dan 7D19 sisi bawah dengan tulangan geser tumpuan 2D13-110, tulangan geser lapangan 2D13-140
 - 3) Balok BK: Tulangan tumpuan 3D19 sisi atas dan 3D19 sisi bawah dengan tulangan geser 2D13-110.
 - 4) Balok BA: Tulangan tumpuan 3D19 sisi atas dan 3D19 sisi bawah, pada tulangan lapangan 2D19 sisi atas dan 2D19 sisi bawah dengan tulangan geser tumpuan D13-110, tulangan geser lapangan D13-140
- c. Penulangan kolom ditentukan sebagai berikut:
 - 1) Kolom K1: Tulangan utama 20D19, dengan tulangan geser 4D13–110.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat dilihat sebagai berikut

1. Mengingat perbedaan signifikan antara hasil analisis gaya dalam dan geser dari SAP2000 dan ETABS, disarankan untuk menggunakan ETABS untuk bangunan yang lebih kompleks dan membutuhkan analisis mendetail, khususnya terkait

gaya geser dan respons lateral bangunan akibat beban gempa. Sementara itu, SAP2000 dapat digunakan untuk desain bangunan yang lebih sederhana dengan efisiensi waktu yang lebih tinggi.

2. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk gedung SM-TPI, untuk perhitungan struktur bawah atau pondasi, tangga, atap rangka baja dan penyelidikan data tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Afnaldi, A., & Dewi, S. (2022). *Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Kantor Camat Kecamatan Kinali Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Arini R N & Pradana, R. (2021). *Analisa Tegangan Regangan Pada Balok Dengan Menggunakan Software Abaqus Cae V6. 14. Jurnal Artesis*, 1(2), 193-198.
- Badan standardisasi nasional. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (sni 1726 : 2019)*. Jakarta: badan standardisasi nasional
- Badan standardisasi nasional. (2019). *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (sni 2847 : 2019)*. Jakarta: badan standardisasi nasional
- Badan standardisasi nasional. (2020). *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (sni 1727 : 2020)*. Jakarta: badan standardisasi nasional
- Simatupang, P. H., Sir, T. M. W., & Wadu, V. A. (2020). *Integrasi Program Tekla Structures Dan Sap2000 Dalam Perencanaan Gedung Beton Struktural*. In *Jurnal Teknik Sipil: Vol. IX (Issue 1)*.
- Siswanto, A.B. , & Afif Salim, M. (2018). *Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. Jurnal teknik sipil*, 11, 59-72.
- Syah, M.A. ., Zacky Ardhyhan, M., Fajri, H., Purwandito, M., & I., (2023.). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil Perbandingan Analisis Struktur Gedung Laboratorium PGSD Universitas Samudra Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Menggunakan ETABS dan BIM Tekla Struktural Designer*. Edisi Oktober, 20(2), 2023. <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/>