

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG 4 LANTAI BANGUNAN PENGHUBUNG FH UNNES BERDASARKAN SNI 2847-2019

Achmad Nur Rochman¹, Soehartono², Baswindro³

^{2,3} Dosen Teknik Sipil, Universitas Pandanaran,

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran Semarang

Email: Achmad.nur20@yahoo.com, soehartono.sipilunpand@gmail.com
baswindro@unpand.ac.id

Abstrak

Gedung Penghubung Fakultas Hukum Universitas Negeri Semarang (Unnes) merupakan struktur gedung empat lantai yang memerlukan tinjauan efisiensi terhadap kekuatan struktural. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan ulang struktur atas gedung tersebut dengan mengacu pada standar terbaru, yaitu SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural. Metodologi yang digunakan adalah pemodelan tiga dimensi menggunakan aplikasi SAP2000 v.14 untuk mengevaluasi kinerja elemen struktural berupa kolom, balok, dan *tie beam*. Hasil analisis menunjukkan adanya potensi optimalisasi dimensi dan penulangan yang signifikan dibandingkan dengan desain eksisting. Hasil perencanaan ulang berhasil mereduksi dimensi kolom utama dari 50 x 80 cm (24 D 22) menjadi 50 x 70 cm (22 D 22), balok dari 40 x 85 cm (21 D 19) menjadi 30 x 60 cm (15 D 19), serta *tie beam* dari 30 x 50 cm (12 D 19) menjadi 25 x 50 cm (12 D 19). Penurunan dimensi dan jumlah tulangan ini membuktikan bahwa struktur tetap aman dalam memikul beban desain sesuai regulasi yang berlaku dengan tingkat efisiensi material yang lebih tinggi.

Kata Kunci: Perencanaan Ulang, Struktur Atas, SNI 2847:2019, SAP2000 v.14, Efisiensi Dimensi.

Abstract

The Connecting Building of the Faculty of Law at Universitas Negeri Semarang (Unnes) is a four-story structure that requires an efficiency review regarding its structural strength. This study aims to redesign the building's superstructure in accordance with the latest standard, SNI 2847:2019 (Structural Concrete Requirements). The methodology employed involves three-dimensional modeling using SAP2000 v.14 software to evaluate the performance of structural elements, specifically columns, beams, and tie beams. The analysis results indicate significant potential for optimizing dimensions and reinforcement compared to the existing design. The redesign successfully reduced the dimensions of the main columns from 50 x 80 cm (24 D 22) to 50 x 70 cm (22 D 22), beams from 40 x 85 cm (21 D 19) to 30 x 60 cm (15 D 19), and tie beams from 30 x 50 cm (12 D 19) to 25 x 50 cm (12 D 19). These reductions in dimensions and reinforcement quantities demonstrate that the structure remains safe for carrying design loads in compliance with applicable regulations while achieving higher material efficiency.

Keywords: *Redesign, Superstructure, SNI 2847:2019, SAP2000 v.14, Dimensional Efficiency.*

Pendahuluan

Indonesia secara geografis terletak pada wilayah dengan aktivitas seismik tinggi karena berada di pertemuan tiga lempeng tektonik aktif. Kondisi ini menuntut setiap perencanaan gedung di wilayah rawan gempa, termasuk Kota Semarang, untuk mengacu pada regulasi terbaru. Kota Semarang sendiri memiliki karakteristik tanah yang bervariasi, di mana analisis beban gempa harus dilakukan secara presisi sesuai dengan parameter percepatan tanah dasar yang diatur dalam SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

Transisi regulasi dari standar lama ke standar yang lebih baru, yaitu SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, membawa perubahan signifikan dalam detail penulangan, faktor reduksi kekuatan, dan kombinasi pembebanan. Pembaruan standar ini bertujuan untuk meningkatkan daktilitas struktur agar mampu menyerap energi gempa secara lebih efektif. Menurut Sudarsana dkk. (2021), implementasi SNI 2847:2019 pada struktur beton bertulang memastikan bahwa perilaku elemen linear seperti balok dan kolom memenuhi kriteria *strong-column weak-beam*, yang merupakan prinsip utama dalam desain bangunan tahan gempa.

Perencanaan ulang pada Gedung Penghubung FH Unnes yang direncanakan setinggi 4 lantai ini menjadi relevan sebagai bentuk evaluasi dan optimalisasi desain. Penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) menjadi opsi rasional untuk memastikan struktur memiliki tingkat daktilitas yang cukup. Selain itu, integrasi teknologi perangkat lunak berbasis elemen hingga (*Finite Element Method*) diperlukan untuk memodelkan perilaku dinamik struktur secara akurat guna mendapatkan gaya-gaya dalam yang representatif (Pampam dkk., 2022). Dengan melakukan perencanaan ulang berdasarkan SNI 2847:2019, diharapkan dihasilkan desain struktur yang lebih efisien tanpa mengesampingkan faktor keamanan sesuai dengan kaidah teknik sipil modern.

Tinjauan Pustaka

Pembebanan Gedung

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Untuk itu dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada struktur. Beban pada struktur bangunan gedung meliputi berat sendiri, beban kerja, pengaruh gaya prategang, gaya gempa, gaya kekangan terhadap volume dan perbedaan penurunan.

Beban Mati

Beban mati adalah beban yang didominasi berat sendiri struktur bangunan tetap diam dan beberapa perlengkapan serta barang yang tidak bergerak.

Tabel 1. Berat Sendiri Material Konstruksi

No	Material	Beban mati
1	Baja	7850 kg/m ³
2	Beton	2400 kg/m ³

3	Kayu	800 kg/m ³
4	Pasir	2600 kg/m ³
5	Adukan / Screed per cm tebal	21 kg/m ²
6	Dinding Bata 25 cm	450 kg/m ²
7	Dinding Bata 15 cm	250 kg/m ²
8	Dinding Hebel	100 kg/m ²
9	Plafon berikut rangka	18 kg/m ²
10	Finishing lantai per cm tebal	24 kg/m ²
11	Air	1000 kg/m ³

(Sumber : PPPURG 1987)

Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh penghunian dan penggunaan bangunan gedung atau struktur lain. Termasuk beban hidup yang berupa beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban banjir dan beban gempa.

Beban Angin

Beban Angin adalah beban pada gedung yang terjadi karena adanya selisih dalam tekanan udara. Arah gaya beban angin tegak lurus dengan bangunan, gaya terbesar paling tinggi.

Beban Gempa

Gempa bumi merupakan beban dinamis yaitu beban yang besar dan arahnya dapat berganti-ganti menurut waktu. Salah satu dari akibat beban dinamis ini adalah gedung akan mengalami simpangan horisontal. Apabila goyangan melebihi batas yang telah ditetapkan maka bangunan tersebut akan mengalami keruntuhan bangunan gedung dan non gedung” (SNI 1726:2019).

Tabel 2. Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan 2. Fasilitas sementara I 3. Gudang penyimpanan 4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
1. Perumahan 2. Rumah tinggal dan rumah kantor 3. Pasar 4. Gedung perkantoran 5. Gedung apartemen / rumah susun 6. Pusat perbelanjaan / mall 7. Bangunan industri 8. Fasilitas manufaktur 9. Pabrik	II

1. Bioskop 2. Gedung pertemuan 3. Stadion 4. Fasilitas Kesehatan 5. Fasilitas penitipan anak 6. Penjara	III
1. Bangunan-bangunan monumental 2. Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan 3. Rumah ibadah 4. Fasilitas pemadam kebakaran	IV

(Sumber: SNI 1726:2019)

Tabel 3. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko Faktor	Keutamaan Gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019)

Kategori Desain Seismik

Sebuah bangunan harus diklasifikasikan ke dalam kategori desain seismik untuk menentukan besarnya kemungkinan gempa saat merancang struktur bangunan tahan gempa.

Pengaruh P Delta

SNI 1726 – 2019 menyatakan bahwa jika koefisien stabilitas (θ) $\leq 0,10$, tidak perlu memperhitungkan dampak P – delta pada geser, momen tingkat, tekanan dan momen yang dihasilkan dari elemen struktur atau akibat simpangan antar tingkat.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x H_{sx} C_d} \quad (2.17)$$

Keterangan :

θ : Koefisien stabilitas

P_x : Beban desain vertikal total di atas tingkat X

Δ : Simpangan antar tingkat desain

I_e : Faktor Keutamaan gempa

V_x : Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat X dan X-1

H_{sx} : Tinggi tingkat di bawah tingkat X

C_d : Faktor pembesaran defleksi pada SNI 1726 – 2019 Tabel 12

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} Nilai θ_{max} dapat diperoleh menggunakan rumus berikut :

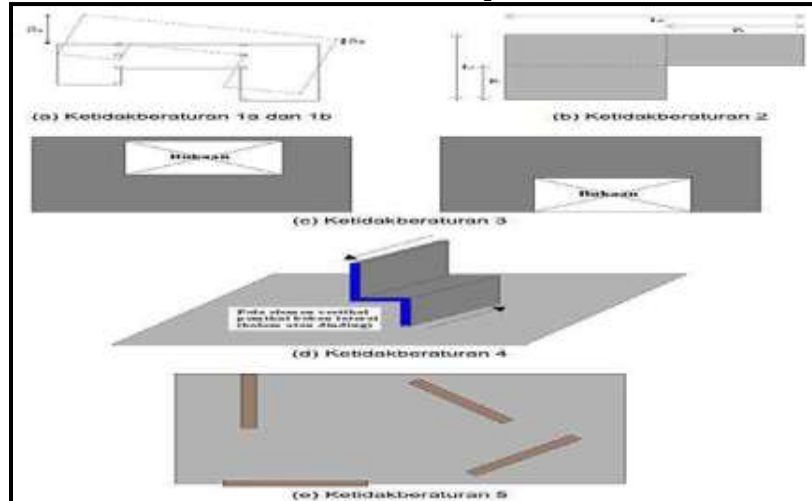
$$\theta_{mak} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat X dan (X-1). Nilai β ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Klasifikasi Ketidakberaturan Struktur

- Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan struktur horizontal adalah kategori untuk struktur dengan satu atau lebih bentuk ketidakberaturan sesuai ketentuan SNI 1726-2019.

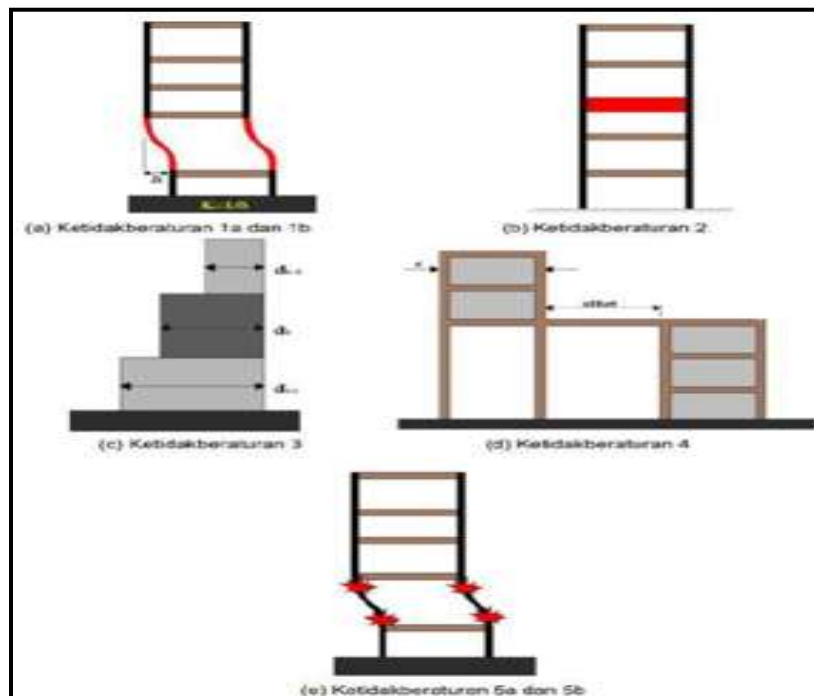


Gambar 1. Ketidakberaturan Horizontal

Sumber : SNI 1726 - 2019

- Ketidakberaturan Vertikal

Ketidakberaturan vertikal struktur didefinisikan sebagai struktur dengan satu atau lebih bentuk ketidakberaturan sesuai dengan pedoman SNI 1726 – 2019.



Gambar 2. Ketidakberaturan Vertikal

(Sumber : SNI 1726:2019)

Kombinasi Pembebanan Dasar

Sebuah bangunan dibangun untuk dapat memikul beban yang akan diletakkan di atasnya. Berikut merupakan kombinasi pembebanan menurut SNI 1726-2019.

$$1,4D \dots\dots\dots (2.22)$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$0,9D + 1,0W \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

D : Pengaruh beban mati tetap

L : Pengaruh beban hidup tetap

Lr : Pengaruh beban hidup atap tetap

R : Koefisien modifikasi respons

W : Berat seismik efektif bangunan

Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan ketentuan SNI 2847 - 2019 syarat dimensi penampang balok SRPMK adalah sebagai berikut :

1. Bentang bersih l_n harus minimal $4d$
2. Lebar penampang b_w harus sekurang-kurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm
3. Lebar balok yang melampaui kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $C2$ dan $0,75.C1$ pada masing-masing sisi kolom. Sesuai SNI 2847 - 2019 tulangan longitudinal pada balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada pertimbangan kerapatan tulangan dan secara langsung membatasi tegangan geser balok dengan proporsi tipikal maka batasan rasio tulangan adalah 0,025.

Perencanaan Plat Lantai

Dalam SNI 2847 - 2019 telah tercantum beberapa aturan dalam merancang plat dua arah. Plat beton merupakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan, atap, jembatan, atau jenis struktur lainnya. Plat beton ditumpu oleh dinding, balok, kolom, atau juga terletak langsung di atas tanah (slab on ground). Pada struktur balok-plat, umumnya balok dan plat ditumpu secara bersama-sama sehingga menghasilkan satu kesatuan struktur yang monolit. Plat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada plat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup).

Perencanaan Tangga

Struktur tangga digunakan untuk melayani aksesibilitas antar lantai pada struktur gedung bertingkat tinggi yang mempunyai tingkat lebih dari satu, serta memiliki beda elevasi dan dua bidang horizontal pada bangunan dengan lantai yang berbeda. Perhitungan *optrade* dan *antrede* tangga menggunakan rumus :

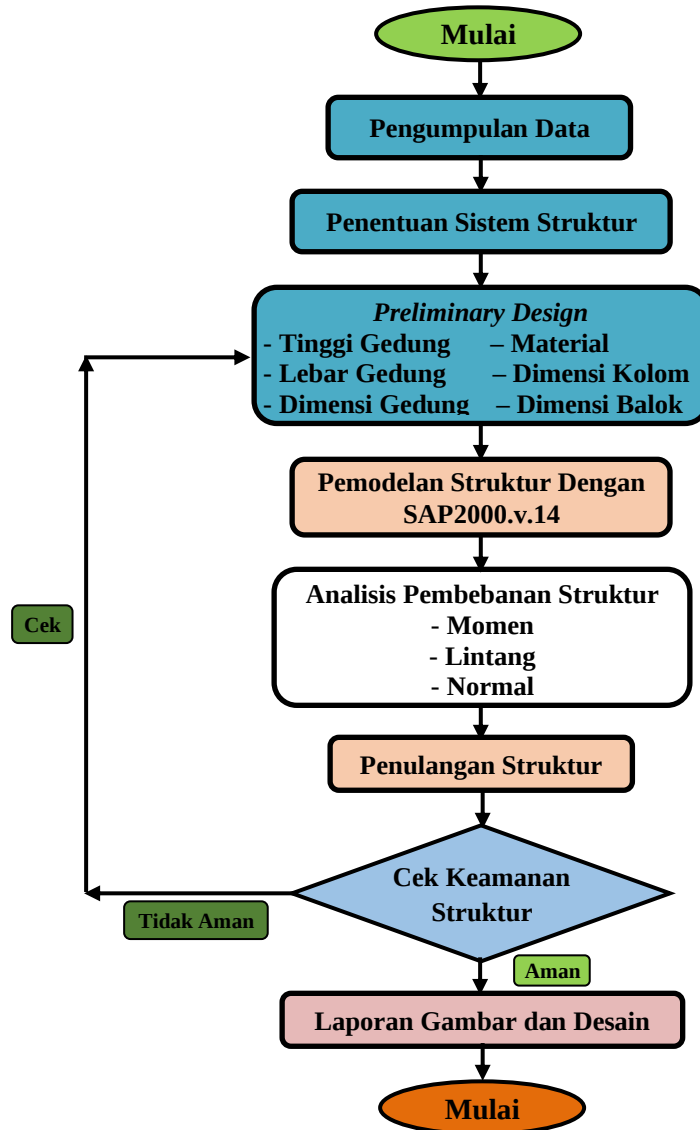
$$2 \times \text{optrade} + \text{antrede} = 61 \text{ s.d } 65 \text{ cm}$$

Keterangan :

Optrede : Langkah tegak
Antrede : Langkah datar
 Sudut tangga (α) : $\text{Arc tan } (x/y)$
 Jumlah *antrede* : A
 Jumlah *optrade* : $O = A + 1$

Metode Penelitian

Langkah dalam melakukan perencanaan ulang gedung FH Unnes sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

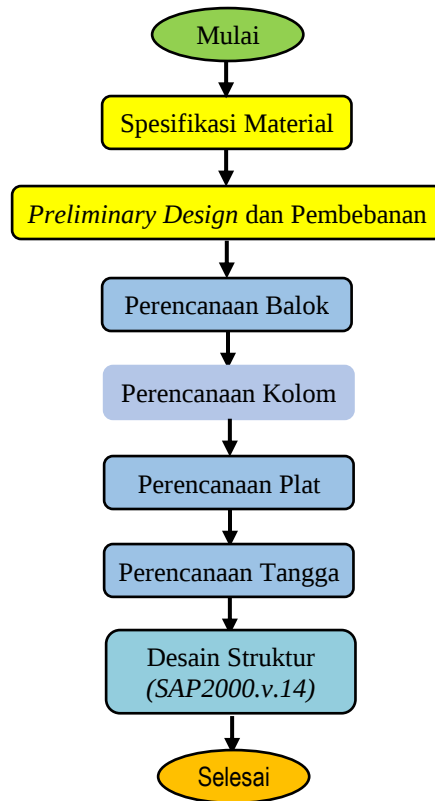
Langkah-Langkah Perencanaan ulang adalah :

Analisis Kapasitas Penampang Balok dan Kolom pada Pembangunan Gedung Penghubung FH UNNES yang akan dilaksanakan memiliki beberapa tahapan, yaitu:

1. Permodelan Struktur Gedung
Permodelan pada struktur Gedung Penghubung FH UNNES menggunakan *software* SAP2000 v.14
2. Perhitungan Pembebanan
Perhitungan pembebanan pada Gedung Penghubung FH UNNES berdasarkan SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lain.
3. Perancangan dan Permodelan Elemen Struktur
Perancangan dan permodelan struktur pada Tugas Akhir ini hanya fokus pada struktur atas berdasarkan SNI 2847-2019.

Analisa dan Pembahasan

Perencanaan struktur atas tangga, plat lantai, balok serta kolom bangunan Gedung Penghubung Fakultas Hukum – Unnes Semarang ini menggunakan bantuan *software* SAP2000.v.14. Dengan menentukan ukuran plat, balok, dan kolom yang digunakan sesuai dengan syaratnya. Alur perencanaan struktur atas dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 4. Diagram Alir Perencanaan Strukur Atas
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

Preliminary Design

Preliminary design balok dan kolom bangunan adalah langkah pertama yang harus dilakukan dalam proses merancang struktur bangunan, di mana ukuran dan dimensi balok dan kolom ditentukan berdasarkan beban yang akan ditopang.

Perhitungan Struktur Portal

Tie Beam, Balok dan Kolom

Data Teknis Portal

1) Material beton

Berat per unit volume = 2400 kg/m^3

f.c (kolom dan balok) = $25 \text{ MPa} \rightarrow K = 25/0,83 = 30 \text{ kg/cm}^2$

Modulus elastisitas = 23.500 MPa

$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{25} = 23.500 \text{ MPa}$ (SNI -03-2847-2019, pasal 10.5(1), hal 54)

2) Material tulangan

Besi ulir, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $f_u = 570 \text{ Mpa}$, Besi polos, $f_y = 240 \text{ Mpa}$, $f_u = 390 \text{ Mpa}$

Berat per unit volume = 7.850 kg/m^3 , Modulus elastisitas = 200000 MPa

Untuk menentukan momen, perhitungan dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi komputer (SAP2000.v14.0.0) Hasil momen sesuai data masukan.

Tie Beam 1 (TB1) 25/50 (250 × 500 mm)

Tie Beam yang ditinjau untuk perhitungan adalah Tie Beam (TB.1) 25/50 lantai 1 frame 9 yang menerima momen maksimum.

➤ Data Perencanaan :

$b = 250 \text{ mm}$; $h = 500 \text{ mm}$; $f'_c = 25 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$ (ulir) ; $f_y = 240 \text{ MPa}$ (polos)

Tulangan utama D19 mm ; Tulangan sengkang $\varnothing 10 \text{ mm}$, Tebal selimut (s) = 30 mm

$d' = \text{Selimut beton} + \varnothing_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} D \rightarrow 30 + 10 + (19/2) = 50 \text{ mm}$

$d = h - d' = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$, $\phi_{\text{lentur}} = 0,9$; $\phi_{\text{tors}} = 0,85$

Nilai momen ultimit bagian tumpuan Tie Beam (TB.1) (25/50) yang dibahas dalam perhitungan dari hasil *run analysis* SAP 2000 v14.0.0 di lantai 1 frame 9.



Gambar 5. Output Momen Tumpuan TB1. 25 x 50 cm
(Sumber : Dokumen Pribadi. 2026)

1. Tulangan Tumpuan Atas

$M_u = -3.041,67 \text{ kgm} \rightarrow -30,4167 \text{ kNm}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{30,4167}{0,8} = 30,02 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan } R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{30,02 \times 10^6}{250 \times 450^2} = 0,751 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85.f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85.f_c'}} \right) = \frac{0,85.25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,751}{0,85.25}} \right) = 0,002$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4.400} = 0,0031, \quad \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) $\rightarrow \rho_{maks} = 0,025$

$$\rho_{mak} = 0,75 \left(\frac{0,85.f_c'.\beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85.25.0,85}{400} \cdot \frac{600}{600+400} \right) = 0,0203$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{maks} \rightarrow$ digunakan $\rho_{min} = 0,009, \rightarrow A_s = \rho.b.d = 0,009.250.450 = 1.012,50 \text{ mm}^2$, Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur SNI 03-2847-2019 pasal 12.5.(1) hal.72 :

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} b.w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.400} \times 300 \times 450 = 421,88 \text{ mm}^2$$

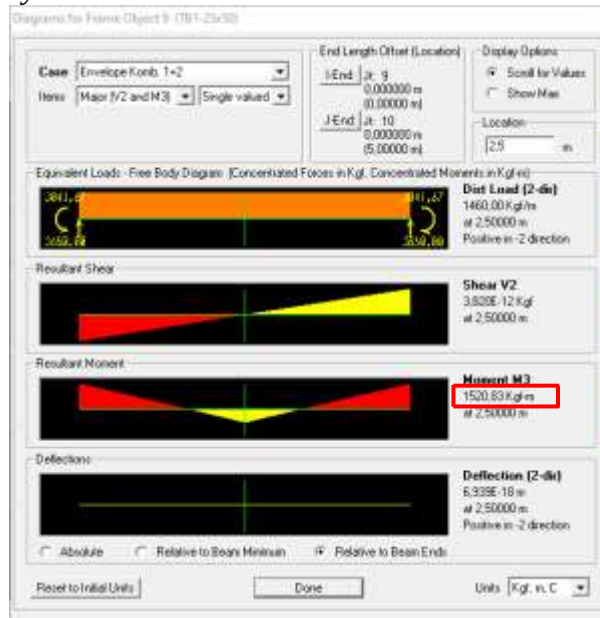
$$A_{smin} = \frac{1,4}{f_y} b.w.d = \frac{1,4}{400} \times 300 \times 450 = 472,50 \text{ mm}^2, \quad A_{smin} < A_s \rightarrow \text{digunakan } A_s$$

$= 1.012,50 \text{ mm}^2$, Jadi tulangan utama bagian tumpuan atas dipakai 4 D19 luas total :

$$A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2, = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \Rightarrow = 1.133,54 \text{ mm}^2 > 1.012,50 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

2. Tulangan Lapangan Bawah

Nilai momen ultimit bagian tumpuan TB1 (25/50) yang dibahas dalam perhitungan dari hasil run analysis SAP 2000 v14.0.0 di lantai 1 frame 9.



Gambar 6. Output Momen Lapangan TB1. 25 x 50 cm
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

$$M_u = 1.520,50 \text{ kgm} \rightarrow 15,205 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{15,205}{0,8} = 19,01 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan } R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{19,01 \times 10^6}{250 \times 450^2} = 0,376 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85.f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85.f_c'}} \right) = \frac{0,85.25}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.0,376}{0,85.25}} \right) = 0,00095$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4.400} = 0,0031, \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) $\rightarrow \rho_{maks} = 0,025$

$$\rho_{mak} = 0,75 \left(\frac{0,85.f_c'.\beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85.25.0,85}{400} \cdot \frac{600}{600+400} \right) = 0,0203$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{maks} \rightarrow$ digunakan $\rho = 0,009$, $\rightarrow A_s = \rho.b.d = 0,009.250.450 = 1.012,50 \text{ mm}^2$, Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur SNI 03-2847-2019 pasal 12.5.(1) hal.72 :

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} b.w.d = \frac{\sqrt{25}}{4.400} \times 300 \times 450 = 421,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{1,4}{f_y} b.w.d = \frac{1,4}{400} \times 300 \times 450 = 472,50 \text{ mm}^2$$

$A_{smin} < A_s \rightarrow$ digunakan $A_s = 1.012,50 \text{ mm}^2$, Jadi tulangan utama bagian tumpuan atas dipakai 4 D19 luas total : , $A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$, $= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \Rightarrow = 1.133,54 \text{ mm}^2 > 1.012,50 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$

3.Perhitungan Tulangan Geser

Nilai gaya geser ultimit yang timbul pada TB1(25/50) yang dibahas dalam perhitungan ini diambil dari hasil *run analysis* SAP2000.v14 yang berada di lantai 1 frame 9 Gambar dibawah.



Gambar 7. Output Gaya Geser TB1. 25 x 50 cm
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

$$V_{u\text{maks}} = 3.650 \text{ kg.}$$

Menentukan keperluan tulangan geser

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,85 \times (2 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d) \\ &= 0,85 \times (2 \times \sqrt{25} \times 250 \times 450) = 956.250 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \cdot 956.250 \text{ kg} = 478.125 \text{ kg}$$

Karena $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, digunakan sengkang praktis dengan jarak minimum yang digunakan mendekati 3 in atau 4 in (80 mm atau 100 mm).

Perencanaan tulangan geser menggunakan sengkang kaki 2 ($n = 2$) dengan tulangan diameter 10 mm ($\phi = 0,375 \text{ in}$)

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 79 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak maksimum untuk memberikan A_v minimum sengkang :

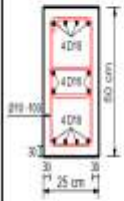
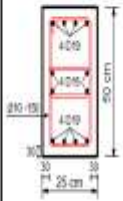
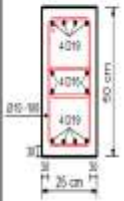
$$s = \frac{(A_v \times n) \times f_y}{50 \times b} = \frac{(79 \times 2) \times 400}{50 \times 300} = 419,05 \text{ mm}$$

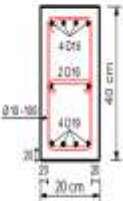
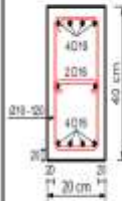
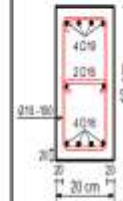
Jadi jarak sengkang yang digunakan :

Pada bagian tumpuan dipakai sengkang $\phi 10-100$

Pada bagian lapangan dipakai sengkang $\phi 10-150$

Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan untuk tie beam (TB 2) **20/40 (200 × 400 mm)**, sehingga TB 2 di dapat hasil sebagai berikut :

Type Tie Beam (TB1) 25 x 50 cm			
BAGIAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	4 D 19	4 D 19	4 D 19
TUL. TENGAH	4 D 16	4 D 16	4 D 16
TUL. BAWAH	4 D 19	4 D 19	4 D 19
TUL. GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100

Type Tie Beam 2 (TB2) 20 x 40 cm			
BAGIAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	4 D 16	4 D 16	4 D 16
TUL. TENGAH	2 D 16	2 D 16	2 D 16
TUL. BAWAH	4 D 16	4 D 16	4 D 16
TUL. GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100

Gambar 8. Penulangan Lentur TB1. 25 x 50 cm dan TB2. 20 x 40
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

Perhitungan Balok

Perhitungan balok (B1) dan balok (B2) dengan menggunakan SAP 2000 di dapat hasil :

BAGIAN	Beam (B1) 30 x 60 cm		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	6 D19	5 D19	6 D19
TUL. TENGAH	4 D16	4 D16	4 D16
TUL. BAWAH	5 D19	6 D19	5 D19
TUL. GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100

BAGIAN	Beam (B1) 30 x 60 cm		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
TUL. ATAS	6 D19	5 D19	6 D19
TUL. TENGAH	4 D16	4 D16	4 D16
TUL. BAWAH	5 D19	6 D19	5 D19
TUL. GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100

Gambar 9. Penulangan Lentur B1. 30 x 60 cm dan B2. 25 x 50 cm
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

Kolom

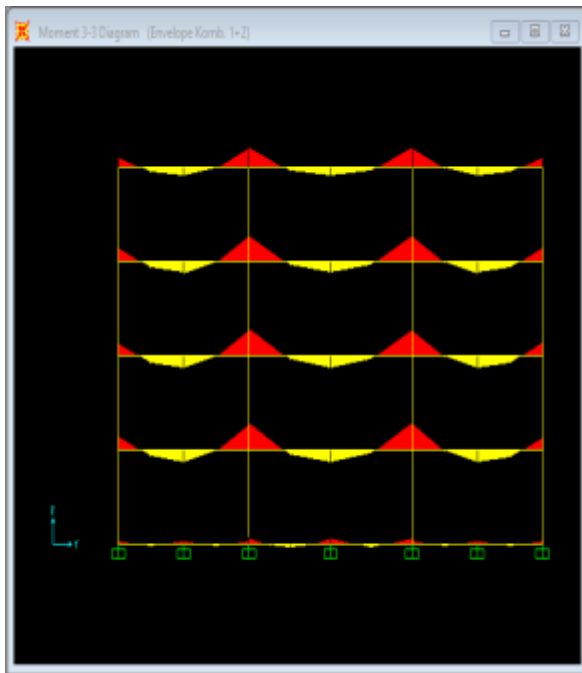
Perhitungan balok (K1) dan balok (K2) dengan menggunakan SAP 2000 di dapat hasil :

DETAIL KOLOM K1	KOLOM 1 (K1) 50 x 70
POTONGAN	
DIMENSI	50 x 70 cm
TULANGAN UTAMA	22 D 22
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100

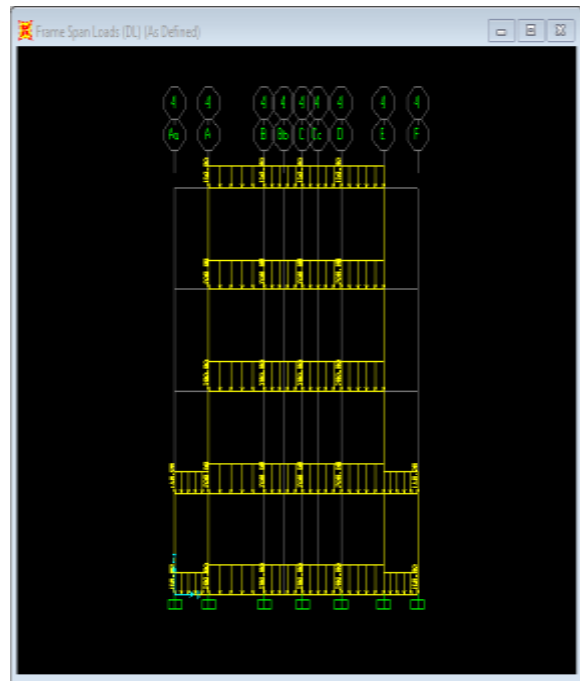
DETAIL KOLOM K2	KOLOM 1 (K2) 30 x 60
POTONGAN	
DIMENSI	30 x 60 cm
TULANGAN UTAMA	18 D 19
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100

DETAIL KOLOM K3	KOLOM K3 (40 x 40)
POTONGAN	
DIMENSI	40 x 40 cm
TULANGAN UTAMA	12 D 19
TULANGAN SENGKANG	Ø10 - 100

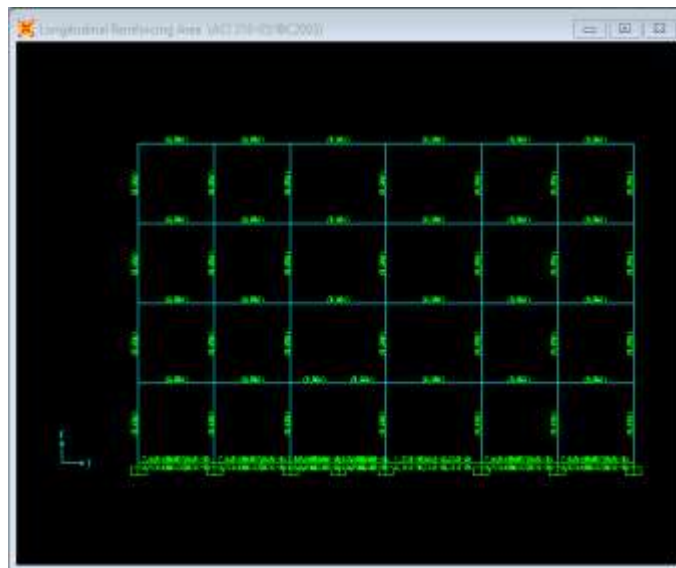
Gambar 10. Detail Penulangan Kolom K1. 50 x 70 cm, K2. 30 x 60 cm, K3. 40 x 40 cm
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)



Gambar 11. Diagram Bidang Momen 3-3
Sumbu B (YZ)
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)



Gambar 12. Diagram Beban
Sumbu 4 (XZ)
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)



Gambar 13. Longitudinal Reinforcing Area Sumbu 2 (YZ)
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan, dan pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 v.14 yang dilakukan pada perencanaan ulang struktur atas Gedung Penghubung FH Unnes, maka dapat diambil beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Optimalisasi Dimensi Penampang Struktural

Perencanaan ulang menunjukkan bahwa dimensi komponen struktur pada desain awal memiliki tingkat konservatisme yang sangat tinggi. Dengan pemodelan ulang yang menurut SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, didapatkan efisiensi penampang tanpa mengurangi integritas struktur. Reduksi dimensi yang terjadi adalah:

- 1) Kolom Utama : mengalami pengecilan dari 50 x 80 cm menjadi 50 x 70 cm. Reduksi ini menunjukkan bahwa kapasitas aksial dan momen pada penampang baru masih berada di dalam batas aman diagram interaksi P-M.
- 2) Balok : mengalami reduksi paling signifikan dari 40 x 85 cm menjadi 30 x 60 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa pada desain awal, dimensi balok kemungkinan besar didasarkan pada kontrol lendutan yang terlalu kaku.
- 3) Tie Beam/Sloof: Dapat dioptimalkan dari 30 x 50 cm menjadi 25 x 50 cm, yang tetap mampu menjalankan fungsinya sebagai pengikat antar pondasi dan penahan tegangan tanah yang tidak merata.

2. Efisiensi Penggunaan Tulangan Longitudinal

Selain pada dimensi beton, optimasi juga berhasil dilakukan pada kebutuhan baja tulangan sedangkan rasio tulangan terhadap luas penampang beton (ρ).

- 1) Pada kolom utama, jumlah tulangan dapat direduksi dari 24 D 22 menjadi 22 D 22. Meskipun dimensi beton mengecil, penggunaan 22 tulangan D 22 masih memenuhi syarat rasio tulangan kolom (1% - 8%) sesuai regulasi.
- 2) Pada elemen balok, terjadi penghematan jumlah tulangan yang sangat besar dari 21 D 19 menjadi 15 D 19. Hal ini membuktikan bahwa penampang 30 x 60 cm dengan 15 D 19 telah mencapai kapasitas momen nominal (M_n) yang memadai untuk memikul beban ultimit (M_u) hasil analisis SAP2000.
- 3) Pada Tie Beam, meskipun jumlah batang tetap (12 D 19), pengecilan dimensi lebar balok (dari 30 cm ke 25 cm) secara otomatis meningkatkan efisiensi penggunaan beton per meter lari.

3. Kinerja Struktur Berdasarkan Analisis SAP2000 v.14

Hasil *output* dari pemodelan SAP2000 v.14 menunjukkan dimensi yang lebih ramping, simpangan antar lantai (*story drift*) gedung 4 lantai ini masih memenuhi batas izin yang dipersyaratkan oleh SNI 1726:2019. Hal ini menegaskan bahwa struktur tidak hanya aman secara kekuatan (*strength*), tetapi juga memenuhi syarat layanan (*serviceability*) dan kekakuan (*stiffness*).

4. Analisis Ekonomi dan Beban Sendiri

Pengecilan dimensi pada seluruh elemen struktur secara kumulatif menurunkan beban mati (*dead load*) total bangunan. Hal ini memberikan keuntungan ganda: pertama, mengurangi gaya gempa lateral yang bekerja pada bangunan (karena gaya gempa berbanding lurus dengan massa struktur), dan kedua, mengurangi beban total yang harus dipikul oleh fondasi, yang berpotensi menurunkan biaya konstruksi secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- Badan Standar Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Budiono, B., & Lucky, S. (2022). Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di Indonesia. Bandung: Penerbit ITB.
- Dipohusodo, I. (2017). Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1 & 2. Jakarta: Kanisius. (Referansi untuk konteks metode pelaksanaan dan efisiensi material).
- Imran, I., & Hendrik, F. (2016). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Bandung: Penerbit ITB.
- Nawy, E. G. (Terjemahan Bambang Suryoatmono). (2020). Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar. Bandung: Refika Aditama.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2018). Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta: Andi Offset. (Relevan untuk tinjauan *tie beam* dan penyaluran beban struktur atas).
- Pratama, A. R., & Gunawan, T. (2021). "Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019 Menggunakan SAP2000". Jurnal Infrastruktur, 7(2), 115-124.
- Setiawan, A. (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Erlangga. (Meskipun judul 2013, cetakan terbaru sering menyertakan addendum/suplemen transisi ke 2019).
- Utomo, J. (2023). "Evaluasi Optimasi Dimensi Kolom dan Balok pada Gedung Bertingkat Menengah di Wilayah Gempa Tinggi". Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, 12(1), 45-58.
- Widianto, & Santoso, H. (2019). "Implementasi Peraturan Pembebanan SNI 1727:2013 vs SNI 1727:2020 pada Desain Struktur Atas Gedung". Jurnal Konstruksi, 15(3), 210-222.