



Penerapan *software* SAP 2000 pada *re-design* struktur gedung terpadu psikologi olahraga Universitas Negeri Surabaya

Fajar Muhamad Nabil^{a*}, Muhammad Ramadhan Tegar Bagaskoro^b, Asri Nurdiana^c, Bambang Setiabudi^d

^{a*, b, c, d} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

fajarmuhamadnabil@gmail.com

Article history:

Received : 10 July 2023

Revised : 9 August 2023

Accepted : 27 August 2023

Publish : 8 September 2023

Keywords:

Re-design, Structure Dimentions, Building reinforcement dimensions, SAP 2000

ABSTRACT

Building structure planning has an important role for further consideration before the implementation of construction in the field to anticipate construction failure, so it requires knowledge based on applicable rules and strengthened with software to support construction success. The structural planning research on the re-design of the UNESA Sports Psychology Integrated Building project using SAP2000, aims to provide knowledge in applying the concept of building structure design and has an output in the form of structural dimensions and reinforcement in accordance with the rules of PPIUG 1983, SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, and RSA Ciptakarya. The method used is planning the dimensions of the upper structure, analyzing the working load, analyzing the structure using SAP2000, and planning the lower structure with a strong bearing capacity to accept the vertical load of the structure from the SAP2000 analysis results. Based on the final results obtained for the floor slab has two types S1 (12 cm thick, Ø10-150), S2 (10 cm thick, Ø10-150), Tiebeam and beams with types TB1 (40/75 cm 6D22), B1 (50/70 cm 13D22), B1a (50/70 cm 11D22), B2 (40/60 cm 9D19), B3 (30/50 cm 9D19), B4 (30/40 cm 8D19), Columns of type K1 (80/80 cm 22D22), K1a (80/80 cm 24D22), K1b (80/80 cm 20D22), K1c (80/80 cm 18D22), K2 (70/70 cm 18D22), K3 (68/68 cm 16D22), K4 (60/60 cm 16D19), KL (43/43 cm 10D19), and foundations with a spoonpile diameter of 60 cm number 4 with pilecap dimensions (350/350 cm D16-150).

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perencanaan struktur bangunan memiliki peranan penting untuk bahan pertimbangan lebih lanjut sebelum pelaksanaan pembangunan di lapangan untuk mengantisipasi kegagalan konstruksi. Diperlukan ilmu yang dilandasi dengan aturan-aturan yang berlaku dan diperkuat dengan *software* untuk penunjang kesuksesan konstruksi.

Penelitian ini penting untuk dilakukan relevan dengan perkembangan terkini dalam bidang Teknik Sipil sehingga dirasa penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman tentang perencanaan Gedung bertingkat.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang struktur pada Gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA menggunakan SAP2000 dan dijadikan sebagai pengetahuan dalam penerapan konsep desain struktur bangunan. *Output* dari penelitian ini berupa dimensi struktur beserta tulangan sesuai

dengan landasan penelitian yang mengacu pada PPIUG 1983, SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, dan RSA Ciptakarya.

1.1. Batasan masalah

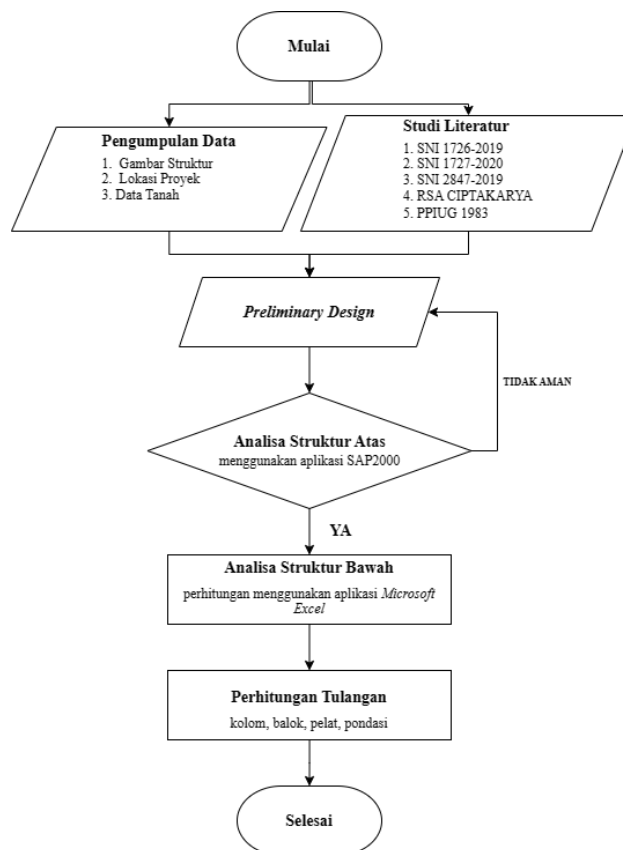
Pembahasan dibuat lebih terfokus dengan batasan-batasan masalah sebagai berikut.

- a) Struktur bangunan yang direncanakan adalah Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya (7 lantai dan 2 lantai atap)
- b) Perencanaan atap menggunakan dak beton
- c) Analisis struktur menggunakan aplikasi SAP 2000
- d) Analisis gempa menggunakan respon spektrum
- e) Penelitian ini mengacu pada SNI sebagai berikut.
 - i) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)
 - ii) SNI 1726-2019 membahas Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
 - iii) SNI 1727-2020 membahas Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung
 - iv) SNI 2847-2019 membahas Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
 - v) RSA Ciptakarya

2. Data dan metode

Metode yang digunakan dalam penyusunan penelitian Redesain Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya ini terdapat 5 tahapan yaitu :

1. menganalisa beban struktur atas berupa beban mati, hidup, gempa
2. Perencanaan dimensi struktur atas
3. Perhitungan kekuatan struktur dengan aplikasi SAP2000
4. Analisa struktur bawah menggunakan perhitungan di *Microsoft Excel*
5. Perhitungan tulangan kolom, balok, pelat, pondasi Berikut dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design

a) Hasil Perhitungan Dimensi Balok

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan preliminary desain balok tipe B1 panjang (L) 8 meter mutu beton ($f'c$) 25 MPa dan kuat leleh tulangan lentur (f_y) 420 MPa untuk mendapatkan tinggi (h) dan lebar (b) balok dalam perencanaan struktur sesuai dengan (SNI 2847-2019) sebagai berikut.

$$h \geq \frac{L}{16} (0,4 + \frac{f_y}{700}) = 500 \text{ dibulatkan menjadi } 700 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = 466,7 \text{ dibulatkan menjadi } 500 \text{ mm}$$

Rekapitulasi hasil dimensi balok dengan langkah perhitungan yang sama untuk lantai 1 sampai lantai 9 (atap) dapat dilihat pada Tabel 1. Dimensi yang telah diperoleh dilakukan pengecekan ulang terhadap syarat tinggi dan lebar efektif sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 pada Tabel 2 diambil sampel berdasarkan tipe dan bentang terpanjang. Tinggi efektif balok (d) didapat dari (h-selimit beton) dan bentang balok bersih (L_n) dari hasil ($L-1/2$ (dimensi kolom) x 2).

Tabel 1. Rekapitulasi rencana desain balok

No	As balok	(L)	(h)	dipakai (h)	(b)	dipakai (b)	Tipe Balok
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	1,7,8,10,11,13,14,B,C,D,E,G,H,J,K,L,M	8000	500	700	466,7	500	B1 (700x500)
2	2,3,5,6,Ca, Da,F,Ga,I,Ka	8000	500	600	400,0	400	B2 (600x400)
3	F	4000	250	700	466,7	500	B1 (700x500)
4	9a,11a	4000	250	600	400,0	400	B2 (600x400)
5	Ca,D,Da,F,E,F,G,Ga,H,I,J,K,Ka	4000	250	500	250,0	300	B3 (500x300)
6	9a,11a	2000	125	500	250,0	300	B3 (500x300)
7	11a	2000	125	400	266,7	300	B4 (400x300)
8	K	8000	500	750	375,0	400	TB1 (750x400)

Tabel 1. Syarat tinggi dan lebar efektif

No	Tipe	(b x h) (mm)	(d) (mm)	L (mm)	L_n (mm)	Syarat (d) SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1
1	TB1	400 x 750	710	8381,5	7581,5	OK	OK
2	B1	500 x 700	660	8381,5	7581,5	OK	OK
3	B2	400 x 600	560	8139	7339	OK	OK
4	B3	300 x 500	460	4000	3250	OK	OK
5	B4	300 x 400	360	4000	3250	OK	OK

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2. dapat disimpulkan bahwa perencanaan dimensi balok pada re-desain Gedung Terpadu psikologi Olahraga UNESA telah memenuhi syarat tinggi efektif dan lebar efektif sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1.

b) Hasil perencanaan pelat

Ditentukan tipe pelat satu arah atau dua arah berdasarkan dimensi yang telah direncanakan. Direncanakan pelat tipe S1 dengan panjang (Ly) 4 meter dan lebar (Lx) 4 meter maka dapat dihitung $Lx/Ly > 2$ sehingga didapatkan hasil 1 dan dapat disimpulkan pelat masuk kedalam kategori pelat dua arah. Berdasarkan SNI 2847:2019 tabel 8.3.1.1 dapat dihitung untuk ketebalan pelat S1 seperti berikut.

$$\text{Tebal Minimal} = \frac{\text{panjang bersih balok (Ln.)}}{33} = \frac{3550}{33} = 107,58 \text{ mm}$$

sehingga dipakai tebal pelat 120 mm

c) Hasil perencanaan dimensi kolom

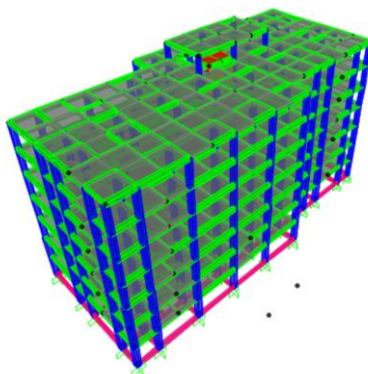
Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 15.7.2 harus memenuhi dua ketentuan yaitu: dimensi penampang terkecil tidak kurang dari 300mm, rasio dimensi penampang terkecil (b/h) tidak kurang dari 0,4. Direncanakan kolom tipe K1 dengan tinggi (H) 4,5 meter menerima balok dengan tinggi (h) 70 cm dan lebar (b) 50 cm. $b_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}}$ sehingga dapat dikontrol perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{L_{\text{balok}}} = 55,7 \text{ cm}$$

dibulatkan menjadi 80 cm sehingga dipakai kolom tipe K1 80/80 cm.

3.2. Pemodelan struktur

Pemodelan struktur SAP2000 pada re-desain gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA sesuai dengan perhitungan dimensi diatas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan struktur menggunakan SAP2000

3.3. Analisis struktur

Berdasarkan hasil analisa SAP2000 ada beberapa kontrol yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Kontrol Analisa Beban Gempa

a. Analisis Spektrum Respons Ragam

Hasil analisa SAP2000 menunjukkan struktur telah melebihi 90% dan sudah sesuai dengan SNI 1726:2019 karena analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapat partisipasi masa ragam terkombinasi 100% dengan syarat partisipasi lebih dari 90%. Berikut Tabel 3 merupakan hasil Modal Partisipasi Massa Rasio

Tabel 3. Modal partisipasi massa ratio

TABLE: Modal Participating Mass Ratios																
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ	
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	
MODAL	Mode	9	0,53547	0,00107	0,00207	3,654E-06	0,887	0,884	5,24E-06	0,00291	0,001356	0,119	0,4	0,154	0,887	
MODAL	Mode	10	0,504952	0,00000	0,00115	3,671E-17	0,887	0,885	5,24E-06	0,001982	1,71E-15	0,00002282	0,402	0,154	0,887	
MODAL	Mode	11	0,453606	0,00106	0,00000	2,753E-17	0,888	0,885	5,24E-06	5,227E-14	0,0008269	0,00004656	0,402	0,154	0,887	
MODAL	Mode	12	0,401622	0,00000	0,00000	8,443E-14	0,888	0,885	5,24E-06	7,973E-17	9,107E-14	0,00001391	0,402	0,154	0,887	
MODAL	Mode	13	0,336272	0,00002	0,04700	1,158E-07	0,888	0,933	5,35E-06	0,03	1,805E-06	0,000187	0,432	0,154	0,888	
MODAL	Mode	14	0,319775	0,04500	0,00004	3,052E-07	0,933	0,933	5,66E-06	2,256E-05	0,011	0,002257	0,432	0,165	0,89	
MODAL	Mode	15	0,297472	0,00142	0,00015	9,612E-07	0,934	0,933	6,62E-06	5,525E-05	0,0003226	0,046	0,432	0,165	0,936	
MODAL	Mode	16	0,250235	0,00000	0,00038	1,214E-15	0,934	0,933	6,62E-06	0,0002891	5,081E-15	0,000007518	0,433	0,165	0,936	
MODAL	Mode	17	0,233683	0,00036	0,00000	4,363E-13	0,935	0,933	6,62E-06	4,115E-13	0,0001055	0,00001601	0,433	0,165	0,936	
MODAL	Mode	18	0,228327	0,00000	0,00000	0,000553	0,935	0,933	0,00056	0,0001206	0,001069	7,943E-08	0,433	0,166	0,936	
MODAL	Mode	19	0,228249	0,00000	0,00001	0,005283	0,935	0,933	0,005843	0,001194	0,006153	3,412E-07	0,434	0,173	0,936	
MODAL	Mode	20	0,226084	0,00004	0,00839	0,009753	0,935	0,942	0,016	0,009596	0,000254	0,000002793	0,444	0,173	0,936	

b. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Hasil analisa gempa SAP2000 didapat hasil untuk gaya geser gempa arah x dan arah y sudah memenuhi kontrol gaya geser gempa dan sudah sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1 syarat untuk kombinasi respons gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) harus lebih dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen. Apabila kurang dari 100% maka dikalikan dengan V/V_t , sehingga perencanaan re-desain struktur gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA telah dinyatakan aman. Hasil perbandingan geser dasar statis dan dinamis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Base	Dinamik (V_{tx})	Statik (V)	Faktor skala	kontrol
Shear	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	V / V_{tx}	$(V_t) \geq 100\% V_s$
arah x	708143,19	560236,47	0,791134	OK
arah y	731480,76	560236,47	0,765894	OK

c. Simpangan antar lantai

Hasil analisa SAP2000 bisa disimpulkan bahwa simpangan lantai arah x dan y sudah sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 7.12.1, karena simpangan antar lantai (Δ) tidak lebih dari simpangan antar tingkat izin (Δ_a), sehingga pada perencanaan re-desain gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA dapat dinyatakan aman. Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan hasil simpangan lantai arah x dan y.

Tabel 5. Simpangan lantai arah x

Lantai	Hsx	dx	Δx	Δa (Ijin)	kontrol
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3500	0,0585	0,0106	88	OK
ATAP / LT 8	4500	0,0566	0,0205	113	OK
Lantai 7	4500	0,0528	0,0346	113	OK
Lantai 6	4500	0,0466	0,0477	113	OK
Lantai 5	4500	0,0379	0,0587	113	OK

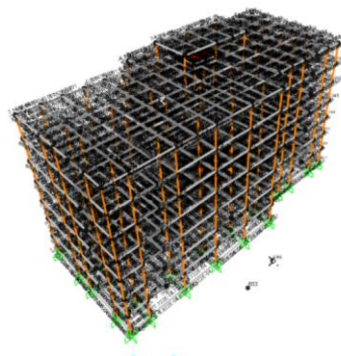
Lantai 4	4500	0,0272	0,0634	113	OK
Lantai 3	4500	0,0157	0,0558	113	OK
Lantai 2	4500	0,0056	0,0306	113	OK
Lantai 1	4500	0,0000	0,0000	113	OK

Tabel 6. Simpangan lantai arah y

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δy < Δ ijin
ATAP	3500	0,0640	0,0132	88	OK
ATAP/LT8	4500	0,0616	0,0246	113	OK
Lantai 7	4500	0,0572	0,0391	113	OK
Lantai 6	4500	0,0500	0,0526	113	OK
Lantai 5	4500	0,0405	0,0639	113	OK
Lantai 4	4500	0,0289	0,0675	113	OK
Lantai 3	4500	0,0166	0,0590	113	OK
Lantai 2	4500	0,0059	0,0322	113	OK
Lantai 1	4500	0,0000	0,0000	113	OK

2. Kontrol analisis rasio struktur

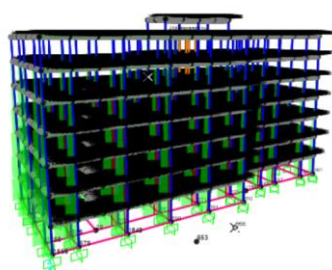
Pengecekan penampang pada struktur menggunakan SAP2000 untuk mengetahui kecocokan perencanaan material dan dimensi bentang dengan bentang, serta mengetahui kondisi struktur mengalami bekerja berlebihan (*overstressed*) atau dinyatakan aman. Berdasarkan hasil dari pengecekan di SAP2000 atau pada gambar 3, bahwa struktur pada perencanaan re-desain gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA dinyatakan aman dan tidak mengalami *overstressed*.



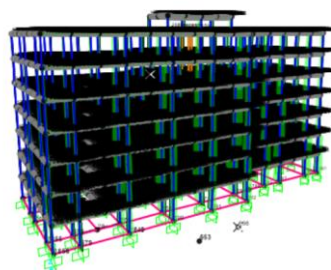
Gambar 3. Pengecekan kecocokan struktur

3. Pengecekan hasil analisis gaya lintang, momen, dan gaya aksial pada struktur

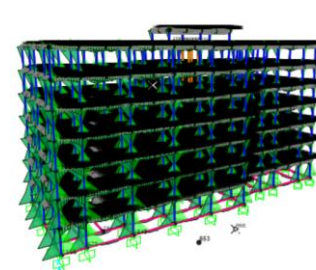
Berikut hasil dari analisa SAP2000 pada gaya dalam struktur perencanaan re-desain gedung Terpadu Psikologi Olahraga UNESA pada gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Gaya aksial



Gambar 5. Gaya lintang



Gambar 6. Gaya momen

3.4. Perhitungan penulangan struktur

3.4.1. Hasil perhitungan pelat

Penulangan pelat terdiri dari tulangan tumpuan arah x,y dan lapangan arah x,y. dikarenakan pada contoh perhitungan tulangan pelat tipe S1 ini memiliki dimensi yang simetris yakni panjang (lx) 4 meter dan (ly) 4 meter maka akan dihitung keseluruhan dengan Langkah yang sama dan dipakai satu model tulangan untuk kemudahan ketika pemasangan di lapangan. Pelat S1 menerima beban (qu) dengan kombinasi pembebanan 1,2 x 435,1(DL) + 1,6 x 300 (LL) sebesar 1002,12 kg/m². Mutu beton digunakan f'c 25 MPa dan mutu baja (fy 420) dan (fys 240) dengan ketebalan pelat 12 cm, selimut beton 25 mm, dan diameter (Ø) tulangan 10 mm. perhitungan momen pada pelat dengan menentukan koefisien berdasarkan dimensi pelat sesuai dengan tabel Marcus pada PBI 1971 didapat nilai lapangan (Clx dan Cly sebesar 21) dan nilai tumpuan (Ctx dan Cty sebesar 52) sehingga dapat dihitung momen tulangan lapangan dan tumpuan pelat dengan rumus :

$$Mlx \text{ dan } Mly = 0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot Clx = 336,71 \text{ Kgm}$$

$$Mtx \text{ dan } Mty = 0.001 \cdot q \cdot Lx^2 \cdot Ctx = 833,76 \text{ Kgm}$$

Dilanjut dengan perhitungan tebal manfaat pelat

$$Dx = \text{tebal pelat} - \text{decking} - 1/2 \text{ Ø} = 90 \text{ mm}$$

$$Dy = \text{tebal} - \text{decking} - \text{Ø} - 1/2 \text{ Ø} = 80 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Minimum dan Maximum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta}{f_y} + \frac{600}{600 + f_y} = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,019$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = 19,76$$

Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X (Ø13-150)

$$M_n = \frac{M_{lx}}{\phi} = \frac{3367123}{0,8} = 4208904 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = 0,52$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times R_n} \right) = 0,00125$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0033 > 0,00291 < 0,019$ (sehingga dipakai ρ_{\min})

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0033$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 300 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan $\rightarrow S_{\max} < 2 \times \text{tebal pelat} \rightarrow S_{\max} < 240 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times b}{A_s} = 261,67 \text{ mm} \text{ sehingga dipakai jarak antar tulangan } 150 \text{ mm}$$

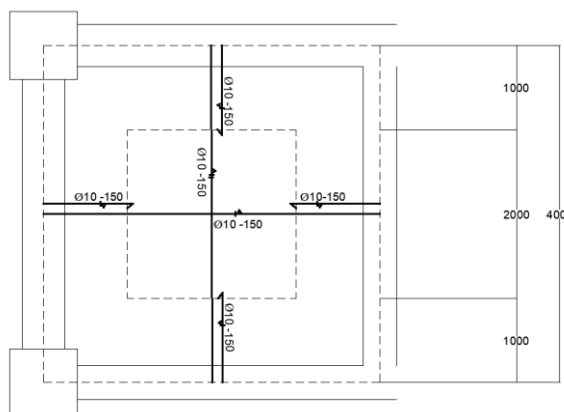
$$A_s \text{ pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} = 523,33 \text{ mm}$$

Kontrol tulangan telah memenuhi syarat $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ sehingga dapat disimpulkan untuk tulangan lapangan arah X dipakai **Ø10-150**.

Perhitungan pada penulangan lapangan arah y dan tumpuan arah x,y sama dengan perhitungan penulangan lapangan arah x sehingga didapat rekapitulasi penulangan seperti pada Tabel 7 dan Gambar 7.

Tabel 7. Rekapitulasi penulangan pelat

Tipe	Ly	Lx	Ly/Lx	Lap X	Lap Y	Tump X	Tump Y
	m	m		mm	mm	mm	Mm
S1	4	4	1	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150
S2	4	4	1	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150



Gambar 7. Penulangan Pelat S1 dan S2

3.4.2. Hasil penulangan lentur dan geser balok

Tulangan lentur sudah memenuhi syarat gaya aksial sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1.1 karena gaya tekan aksial (P_u) tidak lebih dari $A_g f_c / 10$, dan syarat tinggi efektif sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 dan as yang dipakai lebih dari as min dan as perlu sehingga dapat dinyatakan aman untuk penulangan lentur (utama). Berikut merupakan Tabel 8 hasil rekapitulasi tulangan lentur balok.

Tabel 2. Rekapitulasi tulangan Lentur Balok

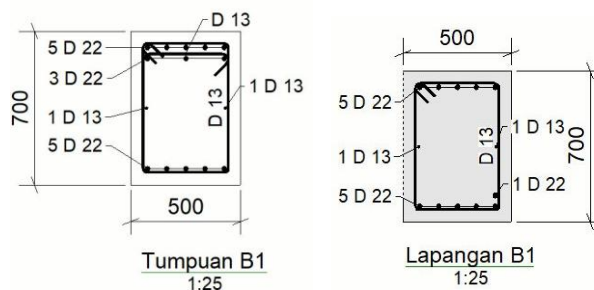
Nama	Ukuran Balok (b x h)	Bentang, L (mm)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu (SAP2000) mm ²	As min 1	As min 2	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Dipasang	
TB1	400 x 750	8000	Tumpuan	Atas	951	845,238	946,667	22	380,13	3	1140,398	3 D 22	
				Bawah	534	845,238	946,667	22	380,13	3	1140,398	3 D 22	
				Lapangan	Atas	265	845,238	946,667	22	380,13	3	1140,398	3 D 22
					Bawah	434	845,238	946,667	22	380,13	3	1140,398	3 D 22
B1	500 x 700	8000	Tumpuan	Atas	2959	982,143	1100	22	380,13	8	3041,062	8 D 22	
				Bawah	1409	982,143	1100	22	380,13	5	1900,664	5 D 22	
				Lapangan	Atas	919	982,143	1100	22	380,13	5	1900,664	5 D 22
					Bawah	1652	982,143	1100	22	380,13	6	2280,796	6 D 22
B1a	500 x 700	8000	Tumpuan	Atas	1837	982,143	1100	22	380,13	6	2280,796	6 D 22	
				Bawah	1105	982,143	1100	22	380,13	5	1900,664	5 D 22	
				Lapangan	Atas	587	982,143	1100	22	380,13	5	1900,664	5 D 22
					Bawah	921	982,143	1100	22	380,13	6	2280,796	6 D 22

B2	400 x 600	8000	Tumpuan	Atas	750	982,143	1100	19	283,53	5	1417,644	5	D	19	
				Bawah	506	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19	
				Lapangan	Atas	228	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19
					Bawah	993	982,143	1100	19	283,53	5	1417,644	5	D	19
B3	300 x 500	4000	Tumpuan	Atas	1116	982,143	1100	19	283,53	5	1417,644	5	D	19	
				Bawah	534	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19	
				Lapangan	Atas	353	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19
					Bawah	451	982,143	1100	19	283,53	5	1417,644	5	D	19
B4	300 x 400	4000	Tumpuan	Atas	358	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19	
				Bawah	177	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19	
				Lapangan	Atas	88	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19
					Bawah	341	982,143	1100	19	283,53	4	1134,115	4	D	19

Tulangan geser (sengkang) menggunakan Av dengan jarak sengkang dan dimensi tulangan hasil dari analisa SAP2000, berikut Tabel 9 merupakan dimensi dan jumlah tulangan dengan maksimal jarak tulangan 150 mm.

Tabel 3. Penulangan Geser Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Bentang, L	Gaya Aksial Pu	Daerah	Av / Sperlum ² /mm	Ø mm	Jumlah Kaki	Luas mm ²	S perlu mm	S pakai mm	Dipasang			
TB1	400 x 750	8000	12	Tumpuan	1,564	13	2	265,46	169,73	132,000	2	D	13	- 100
				Lapangan	1,44	13	2	265,46	184,35	184,350	2	D	13	- 150
B1	500 x 700	8000	24,852	Tumpuan	1,272	13	2	265,46	208,7	208,699	2	D	13	- 100
				Lapangan	1,056	13	2	265,46	251,39	251,387	2	D	13	- 150
B2	400 x 700	8000	15,87	Tumpuan	1,026	13	2	265,46	258,74	150,000	2	D	13	- 100
				Lapangan	0,963	13	2	265,46	275,66	275,664	2	D	13	- 150
B3	300 x 500	4000	5,21	Tumpuan	1,181	13	2	265,46	224,78	150,000	2	D	13	- 100
				Lapangan	0,965	13	2	265,46	275,09	230,000	2	D	13	- 150
B4	300 x 400	4000	1,25	Tumpuan	0,895	10	2	157,08	175,51	150,000	2	D	10	- 100
				Lapangan	0,818	10	2	157,08	192,03	180,000	2	D	10	- 150



Gambar 1. Contoh detail balok

3.4.3. Hasil penulangan lentur dan geser kolom

Penulangan dimensi tulangan lentur (utama) sesuai dengan As perlu yang didapat dari SAP2000 dan dipakai tulangan yang memiliki As lebih besar seperti pada tabel 10. Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1. pemakaian dimensi tulangan sudah sesuai.

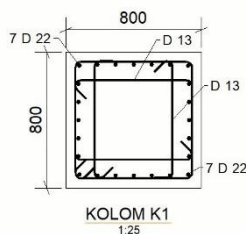
Tabel 4. Rekapitulasi tulangan lentur kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu mm ²	∅ mm	Gaya Aksial Pu (Kolom)	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang >= As perlu	Dipasang
K1	800 x 800	6400	22	5934,2	380,13	22	8363	OK	22 D 22
K1a	800 x 800	8063	22	2801	380,13	24	9123	OK	24 D 22
K1b	800 x 800	6520	22	3568,2	380,13	20	7603	OK	20 D 22
K1c	800 x 800	6400	22	660,03	380,13	18	6842	OK	18 D 22
K2	700 x 700	4900	22	4084,9	380,13	18	6842	OK	18 D 22
K3	680 x 680	4624	22	839,99	380,13	16	6082	OK	16 D 22
K4	600 x 600	3600	19	193,34	283,53	16	4536	OK	16 D 19
KL	430 x 430	1849	19	163,5	283,53	10	2835	OK	10 D 19

Perhitungan tulangan geser (sengkang) menggunakan hasil dari analisa SAP2000 berupa Av untuk menentukan dimensi dan jarak tulangan yang dibutuhkan. Berdasarkan SNI 2847:2019 perhitungan pada penulangan lentur dan geser sudah memenuhi syarat. Tabel 11 merupakan hasil rekapitulasi tulangan geser kolom.

Tabel 5. Rekapitulasi tulangan geser kolom

Nama	Ukuran Kolom	Av / Sperlu mm ² / mm	∅ mm	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang
K1	800 x 800	0,670	13	796,39	1188,6	132	150	150	6 D 13 - 150
K2	700 x 700	0,586	13	796,39	1359	132	150	150	6 D 13 - 150
K3	680 x 680	0,787	13	530,93	674,62	132	150	150	4 D 13 - 150
K4	600 x 600	1,060	13	530,93	500,88	114	150	150	4 D 13 - 150
KL	430 x 430	0,141	13	530,93	3765,5	114	150	150	4 D 13 - 150



Gambar 2. Contoh detail kolom

3.4.4. Perhitungan pondasi

Perhitungan pondasi menggunakan dasaran dari hasil tes sondir pada tanah sehingga didapat data berupa hasil qc sebesar 200 kg/cm², tf sebesar 1200 kg/cm, dan kedalaman tanah keras pada 12 meter dari permukaan tanah. Berdasarkan hasil didapat beban terbesar dari struktur atas yang disalurkan melalui kolom sebesar (P) 672,28 ton, sehingga direncanakan diameter *spoonpile* 60 cm. berikut perhitungan pondasi :

a. Menghitung *Properties* Tiang

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 2826 \text{ cm}^2$$

$$Vd = A \times L = 3391200 \text{ cm}^2$$

$$K = \pi \times d = 188,4 \text{ cm}$$

b. Menghitung Daya Dukung *Ultimate*

$$Q_u = \frac{q_c \times A}{3} + \frac{T_f \times K}{5} = 233,616 \text{ ton}$$

c. Menghitung Daya Dukung Netto

$$W = Vd \times \gamma \text{ beban} = 8,139 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{nett}} = Q_u - W = 225,48 \text{ ton}$$

d. Menghitung kebutuhan Pondasi

$$N = \frac{P}{Q_{\text{nett}}} = 2,2982 \text{ buah sehingga dibulatkan menjadi 4 buah } \textit{spoonpile} \text{ (25)}$$

e. Menghitung Efisiensi Pondasi

$$m = \text{jumlah baris} = 2, \quad n = \text{Jumlah tiang} = 2$$

$$s = 2,5d - 4d = \text{didapat jarak antar } \textit{spoonpile} \text{ dengan kisaran 150-240 cm sehingga dipakai 175 cm}$$

$$\theta = \arctan \frac{d}{s} = 18,925$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\theta(n'-1)m + (n-1)n'}{90 \times m \times n'} = 0,889$$

f. Menghitung Daya Dukung Izin

$$Q_{\text{izin}} = n \times \text{Eff} \times Q_{\text{netto}} = 802,074 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung tiang pancang *spoonpile* sudah sesuai

$$P < Q_{\text{izin}}$$

3.4.5. Perhitungan pilecap

Direncanakan pilecap dengan dimensi 3500/3500 mm dengan ketebalan 800 mm, selimut beton 70 mm, menahan beban (P) hasil dari analisa SAP2000 sebesar 672,28 ton dari kolom tipe K1 80/80 cm, ditahan dari bawah oleh 4 buah *spoonpile* (ns) dengan jarak antar tiang (s) 1,75 meter, jarak *spoonpile* ke tepi pilecap 875 mm. digunakan mutu beton $f'c$ 25 MPa, mutu baja f_y 420 MPa. Sesuai dengan SNI 2847-2019. Pasal 22.6.5.3 digunakan as sebesar 40, sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

Perhitungan tulangan bawah (tarik) pilecap D16-150

$$\text{Lebar penampang kritis. } B = \text{lebar pilecap}/2 - \text{lebar kolom}/2 = 1750 - 400 = 1350 \text{ mm} \quad (29)$$

$$\text{Berat pilecap pada penampang kritis } q' = 2400 \times 3,5 \times 0,8 = 6720 \text{ kg/m} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 2 \times (P_u / n_s \times s) - 1/2 \times q' \times B^2 \\ &= 2 \times 294,12 - 3360 \times 1,8225 \\ &= 582121,4 \text{ kgm} = 582,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$R_n = \text{Mu} / (\phi \times b \times d) = 0,3468$$

$$\rho_{\text{perlu}} = ((0,85 \times 25 / 420) \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,3968}{0,85 \times 25}})) = 0,00083$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,001 \times 3500 \times 730 = 2127,1 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \times 3500 \times 800 = 5040 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan tarik **D16-150** mm dan terpasang = $(3500 - 70 \times 2) / 150 + 1 = 23,4$ dibulatkan menjadi 24 buah tulangan

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 23,4 \times 256 = 4702,464 \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_H = 0 \rightarrow C_c = T_s = (0,85 \times f'c \times a \times b = A_s \times f_y \rightarrow a = (A_s \times f_y) / (0,85 \times f'c \times b))$$

$$a = (A_s \times f_y) / (\beta \times f'c \times b) = 1975034,88 / 74375 = 26,56 \text{ mm}$$

$$c = a / \beta = 26,56 / 0,85 = 31,241$$

kontrol leleh tulangan

$$\epsilon_s = (d-c)/c \times \rho_{perlu} = 0,02133 > f_y/E_s \text{ modulus} = 0,0021s$$

Sehingga tulangan sudah meleleh

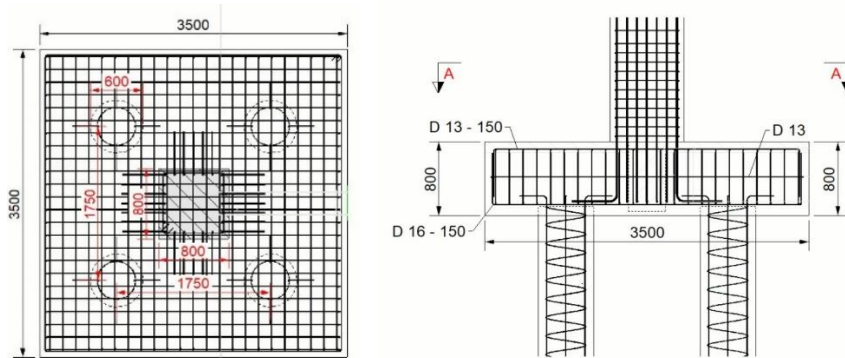
$$\epsilon_t = \epsilon_s \rightarrow 0,02133 > 0,005 \rightarrow \theta = 0,9$$

$$M_n = 0,85 \times f'_c \times a \times L \times (d - (a/2)) = 1415551847 \text{ KNm} = 1415,55 \text{ KNm}$$

Kontrol daya dukung pilecap sudah memenuhi syarat $M_n \times \theta > M_u$ berat pilecap $\rightarrow 1273,997 \text{ KNm} > 666,156 \text{ KNm}$.

Tabel 12. Tulangan pilecap

Tulangan Tarik (Bawah)	Tulangan Tekan (atas) 20% dari tulangan utama
D16-150	D13-150



Gambar 10. Detail tulangan pilecap

4. Kesimpulan

Hasil analisa yang telah dilakukan dalam penelitian perencanaan ini dapat disimpulkan yaitu:

1. Perubahan Struktur atas Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya yang didapat dari hasil perhitungan SAP2000 sebagai berikut :
 - a. Digunakan ketebalan struktur pelat lantai (tipe S1) 12 cm dengan tulangan $\varnothing 10-150$ dan ketebalan pelat atap (tipe S2) 10 cm dengan tulangan $\varnothing 10-150$.
 - b. Digunakan dimensi dan tulangan pada tiebeam dan balok tipe TB1 (40/75 cm 6D22), B1 (50/70 cm 13D22), B1a (50/70 cm 11D22), B2 (40/60 cm 9D19), B3 (30/50 cm 9D19), B4 (30/40 cm 8D19).
 - c. Digunakan dimensi dan tulangan kolom tipe K1 (80/80 cm 22D22), K1a (80/80 cm 24D22), K1b (80/80 cm 20D22), K1c (80/80 cm 18D22), K2 (70/70 cm 18D22), K3 (68/68 cm 16D22), K4 (60/60 cm 16D19), KL (43/43 cm 10D19).
2. Perubahan Struktur bawah Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya dari perhitungan struktur bawah sebagai berikut :
 - a. Digunakan 4 *spoonpile* di setiap pilecap dengan diameter 60 cm dan panjang 12 meter.
 - b. Digunakan dimensi pilecap 350/350 cm dengan tulangan bawah (tarik) $\varnothing 16-150$ dan tulangan atas (tekan) $\varnothing 13-150$.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pengawas proyek Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya yang telah memberikan *detail engineering design (DED)* sebagai pendukung dalam penelitian ini.

Referensi

Anggoro Wiratmoko, B., Winarto, S., & Cahyo, Y. (2019). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 106.

<https://doi.org/10.30737/jurmateks.v2i1.396>

- ARFIANTI RUKMANA, S. (2020). *PERBANDINGAN MODEL STRUKTUR MENGGUNAKAN METODE MATRIKS DENGAN PROGRAM SAP 2000*. 1-6.
- Junito Martins, C., Triwuryanto, & Maulana, R. (2020). *Analisis Rab Pembangunan Rumah Tempat Tinggal Type 120 Di Kabupaten Sleman*. 01(01), 31-40.
- Leonard, A., Dundu, T. A. K. T., & Walangitan, D. R. O. (2019). Perataan Tenaga Kerja Dengan Menggunakan Microsoft Project Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1261-1268.
- Nofiyanto, A., Sukrawa, M., & Putera, A. A. (2013). Perencanaan Struktur Stadion Menggunakan Integrasi Tekla Structure Dan Sap2000. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(2), 139-144.
- Odja, M. O., Likadja, F. J., Ina, W. T., & Pella, S. I. (2021). Penggunaan Microsoft Excel untuk Kemudahan Pengolahan Data Nilai Hasil Belajar Siswa. *ABDIMAS Jurnal LPPM Undana*, 15(2), 22-29.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983), Bandung
- Putri, D. E., & Ambarawati, D. K. (2018). REDESIGN GEDUNG PASCASARJANA POLITEKNIK KESEHATAN SEMARANG. In *Galang Tanjung* (Issue 2504). UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG.
- Rizaludin, Winarto, S., & Ridwan, A. (2020). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Kadiri. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 3(1), 55. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v3i1.889>
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI - 1726 - 2020 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI - 1727 - 2019 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019, Desember 19). SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- Tugiono, S. S. (2021). *PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG STUDENT APARTMENT, YOGYAKARTA*.
- Mahendrayu, B., & Kartini, W. (2019). Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Struktur Beton Bertulang Pada Gedung Graha Siantar Top Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil KERN*, 2(2), 121-130.