

Perencanaan ulang rumah susun tenaga pendidik Universitas GadjahMada dengan konsep *building information modeling (bim)* 5D

Yogi Hardianto^{a*}, Ilham Muhammad Islam^b, Bambang Setiabudi^c, Asri Nurdiana^d

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

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

ilhammuhammadislam3@gmail.com

Article history:

Received : 28 August 2023

Revised : 20 December 2023

Accepted : 10 January 2024

Publish : 22 March 2024

Keywords:

BIM, Building, Construction

ABSTRACT

The innovative development in construction technology has introduced a system called Building Information Modeling (BIM), which can facilitate processes from pre-construction to post-construction. Therefore, this research focuses on the redesign of the University of Gadjah Mada's Faculty Housing Tower using the integrated BIM concept, based on structural analysis with ETABS and modeling with Tekla Structures. The redesign is carried out according to SNI 2847-2019 for concrete building structures, SNI 1727-2020 for loading requirements, and SNI 1726-2019 for seismic resilience standards. This redesign produces a structural analysis to assess the structural feasibility of the building. The 3D design modeling is performed using Tekla software, which can generate 2D designs for Detail Engineering Design, as well as provide the necessary volume of work for cost estimation (RAB calculation). Additionally, the software allows for scheduling and work simulation. The redesign of the University of Gadjah Mada's Faculty Housing Tower results in a budget plan of IDR 24,274,962,257.00, calculated using Quantity Take Off from the Tekla Structures software. The scheduling and work implementation simulation for the structural components are also done using Tekla Structures software. The duration of this redesign project is estimated to be 4 months and 2 weeks, starting from the preparation phase to the completion of the roof structure.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Perencanaan pembangunan merupakan langkah awal yang penting sebelum pelaksanaan konstruksi. Pada proyek konstruksi kerap ditemukan permasalahan pada tahap perencanaan ataupun saat pelaksanaannya. Kesalahan desain, keterlambatan peralatan dan bahan, serta estimasi biaya yang tidak akurat menjadi faktor yang sering menimbulkan konflik dalam pelaksanaan proyek (Susila dkk, 2015). Perencanaan dan koordinasi dalam pelaksanaan pembangunan harus dilakukan dengan baik untuk mencegah atau meminimalisir permasalahan yang dapat mengganggu produktivitas dan kesuksesan proyek konstruksi.

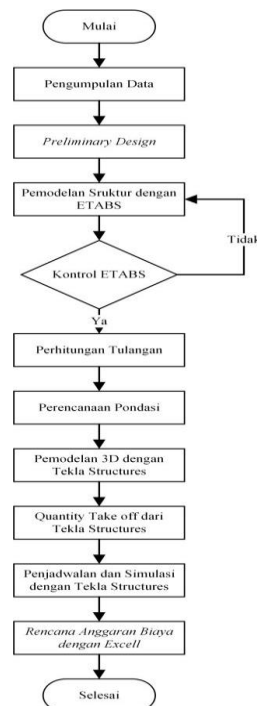
Perkembangan teknologi konstruksi berinovasi menghadirkan sistem bernama *Building Information Modeling (BIM)* yang dapat membantu mempermudah proses sebelum konstruksi sampai dengan setelah masa konstruksi. Penggunaan BIM jika dibandingkan dengan metode konvensional dapat mempercepat waktu perencanaan proyek sebesar $\pm 50\%$, mengurangi kebutuhan SDM sebesar 26,66% dan menghemat pengeluaran biaya untuk personil sebesar 52,25% (Adhi, 2016). BIM juga dapat mempermudah komunikasi, kolaborasi dan koordinasi para pemangku jabatan yang terlibat dalam tim proyek konstruksi (Rafli, 2018). *Building Information Modeling (BIM)* dapat digunakan

sebagai solusi terkini dalam mengatasi berbagai potensi permasalahan di bidang konstruksi dengan cara mengelola data-data penting dalam proses perencanaan konstruksi yang terintegrasi pada pemodelan 3D dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Pada jurnal ini akan dijelaskan perencanaan bangunan gedung tahan gempa dengan penerapan Building Information Modeling (BIM) menggunakan *software Tekla Structures* untuk membuat model 3D, dengan analisis struktur atas menggunakan *software ETABS* yang mengacu pada SNI terkait. Perencanaan bangunan ini mengimplementasikan *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada setinggi 6 lantai. Sebagaimana yang tertera dalam Permen PUPR No. 22 Tahun 2018, “Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) di lingkungan Kementerian PUPR mulai dilakukan pada Bangunan Gedung Negara (BGN) dengan luas di atas 2000 m² dan di atas dua lantai”. Tujuan perencanaan bangunan gedung ini akan dihasilkan rencana struktur atas dan struktur bawah yakni desain struktur pondasi, *pile cap* kolom, balok dan plat, pemodelan 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan simulasi penjadwalan.

2. Data dan metode

Bangunan ini direncanakan sebagai rumah susun untuk tenaga pendidik Universitas Gadjah Mada yang berlokasi di lingkungan kampus Universitas Gadjah Mada. Jenis struktur portal beton bertulang dengan tipe Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Jumlah lantai yang direncanakan yaitu 6 lantai dengan ketinggian bangunan 23,6 meter. Pedoman yang dipakai dalam perencanaan ini yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Tahapan perencanaan dimulai dari perancangan struktur atas, analisis struktur menggunakan *ETABS*, perencanaan struktur bawah, kemudian dilanjutkan dengan membuat model 3D menggunakan *Tekla Structures*, melakukan rekapitulasi volume pekerjaan, perancangan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan merancang penjadwalan proyek dengan *Tekla Structures*. Metode dalam perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur perencanaan

Berdasarkan SNI 2847-2019 tabel 19.2.1.1, batasan mutu beton minimum (f_c') untuk struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan jenis beton berat normal diizinkan

menggunakan nilai f'_c minimum sebesar 21 MPa, sehingga pada perencanaan ini menggunakan beton $f'_c = 30$ MPa dengan besi beton ulir $f_y = 420$ MPa.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian material

a) Hasil perencanaan dimensi balok

Tabel 1 menunjukkan desain tinggi minimum balok (h) didasarkan pada SNI 2847-2019 tabel 9.3.1.12019.

Tabel 1. Tinggi minimum balok

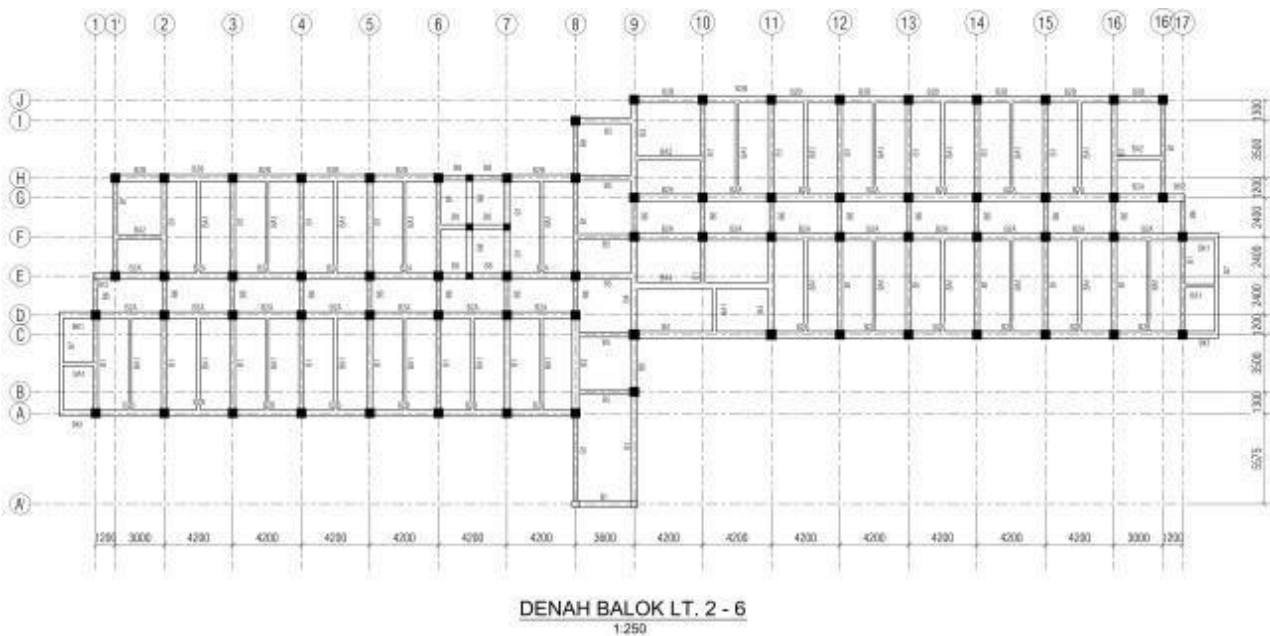
Kondisi Perletakan	h minimum
Perletakan sederhana	$L/16$
Menerus satu sisi	$L/18,5$
Menerus dua sisi	$L/21$
Kantilever	$L/8$

Lebar penampang balok minimum (b) untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 yaitu $0,3h$ atau 250 mm dan, dalam perhitungan dimensi balok digunakan dengan perhitungan $h_{min} = L/16$ sedangkan $b_{min} = 1/2h$. Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi perhitungan dimensi balok pada Perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada.

Tabel 2. Rekapitulasi rencana dimensi balok

Panjang As-As (mm)	Tipe Balok	h_{min} (mm)	b_{min} (mm)	Dimensi Pakai	
				b (mm)	h (mm)
6000	B1	375	187,5	300	500
4200	B2A	262,5	131,25	400	500
4200	B2B	262,5	131,25	400	500
6000	B3	375	187,5	400	600
8400	B4	525	262,5	400	700
3600	B5	225	112,5	300	450
2400	B6	150	75	250	300
6000	B7	285,714	142,857	200	400
3500	B8	218,75	109,375	300	400
6000	BA1	285,714	142,857	200	400
6000	BA2	285,714	142,857	250	450
8400	BA4	400	200	400	600
2100	BK1	262,5	131,25	400	700
1200	BK2	150	75	400	500
6000	TB1	400	600	400	600
6000	TB2	200	350	200	350

Tabel 2 menunjukkan hasil rencana dimensi balok yang kemudian ditunjukkan pada denah dan detail balok pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah rencana balok

b) Hasil perencanaan dimensi plat

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.1, jika $\frac{L_n}{S_n} > 2$ maka termasuk plat satu arah, sedangkan jika $\frac{L_n}{S_n} < 2$ maka termasuk plat dua arah, dengan L_n merupakan panjang bersih bentang terpanjang dan S_n merupakan panjang bersih bentang terpendek. Tebal minimum plat dengan menggunakan rumus : $\frac{L_n}{33}$ (SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.1). Dihitung $L_n/S_n = 6/4,2 = 1,435 < 2$ sehingga plat termasuk plat dua arah. Sedangkan berdasarkan perhitungan tebal plat dipakai plat setebal 15 cm untuk pelat atap dan 12 cm untuk lantai dasar sampai lantai 6.

c) Hasil perencanaan dimensi kolom

Untuk mencari dimensi kolom dalam perencanaan ini menggunakan kekakuan kolom dengan Persamaan 1.

$$\frac{L_{kolom}}{\frac{1}{12} \times b_{kolom} \times h_{kolom}^3} > \frac{L_{balok}}{\frac{1}{12} \times b_{balok} \times h_{balok}^4}$$

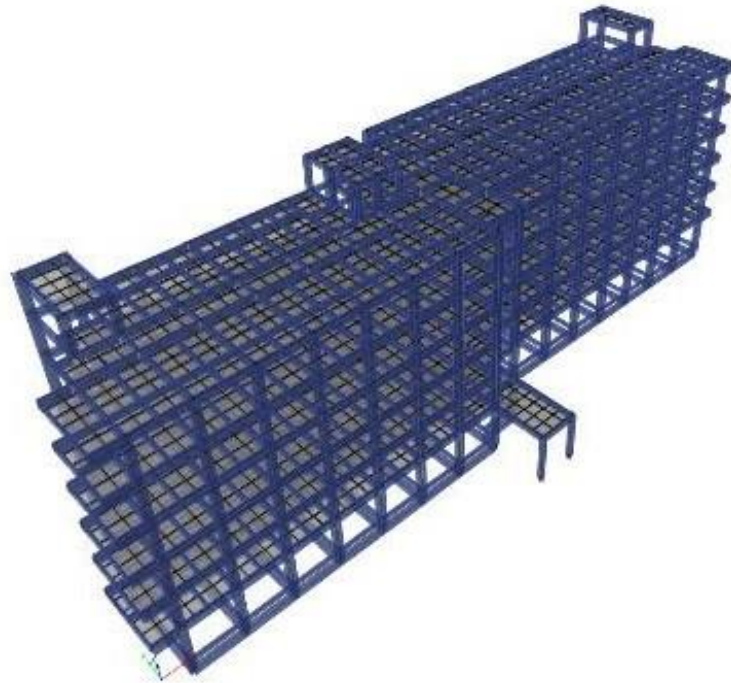
$$\frac{3400}{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3} = \frac{6000}{\frac{1}{12} \times 400 \times 600^3}$$

Pers. 1)

Persamaan 1 digunakan untuk mencari dimensi K1, didapat nilai $h = 470,3925$ mm, maka dipakai h kolom = 550 mm, karena direncanakan $b=h$, maka dimensi K1 adalah 550 x 550 mm. Dengan persamaan yang sama, untuk dimensi kolom K2 adalah 600 x 600 mm, dan K4 adalah 400 x 400 mm.

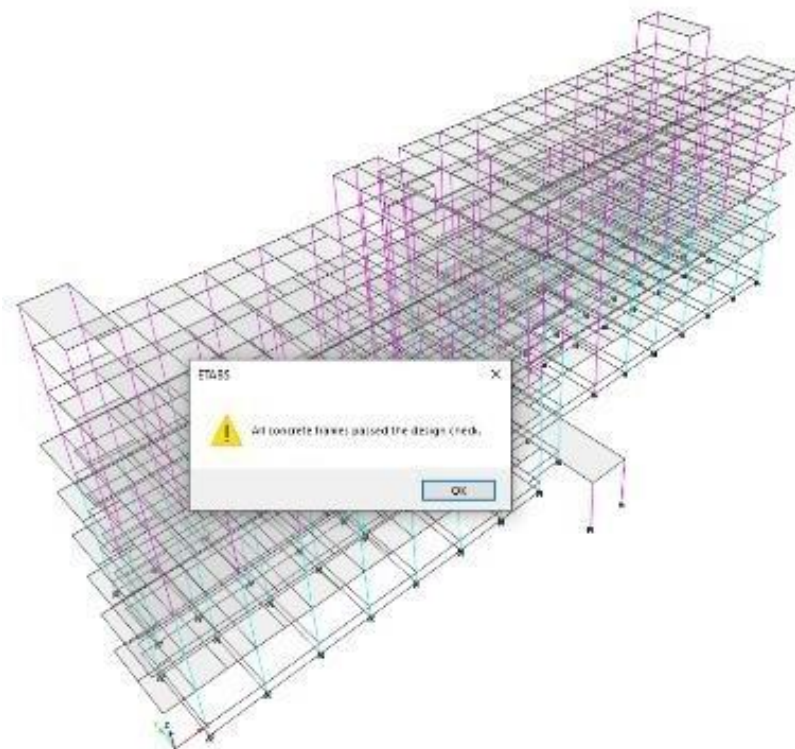
3.2. Hasil analisis struktur

Analisis struktur menggunakan *software ETABS* Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Gambar 3.



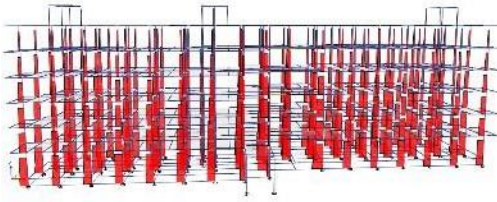
Gambar 3. Pemodelan struktur menggunakan *ETABS*

Untuk menghindari terjadinya *overstressed* pada rencana struktur maka dilakukan pengecekan kelayakan dimensi penampang pada model struktur. Pada pemodelan perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *software ETABS* didapatkan hasil pengecekan struktur dinyatakan aman dan tidak mengalami *overstressed* sehingga dimensi penampang struktur yang telah dimodelkan layak untuk digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4 hasil pengecekan kapasitas rasio batang.

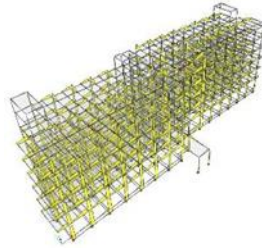


Gambar 4. Hasil kontrol rasio batang

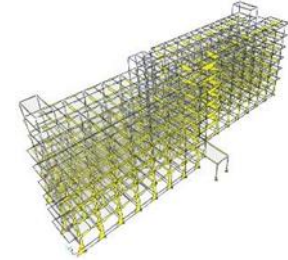
Gaya – gaya dalam yang dihasilkan dari analisis struktur Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *software ETABS* yaitu gaya aksial, gaya lintang, dan momen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Hasil 3D gaya aksial



Gambar 6. Hasil 3D gaya geser



Gambar 7. Hasil 3D momen

3.3. Perhitungan tulangan struktur atas

a) Perhitungan tulangan balok

Perhitungan tulangan utama balok didasarkan pada hasil A_s tulangan *output ETABS* yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan A_s minimum berdasarkan aturan SNI 2847:2019 untuk menentukan jumlah dan dimensi tulangan yang dipakai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi tulangan utama balok

Tipe	Dimensi (b x h) mm	Daerah	Letak Tulangan	A_s perlu (ETABS) (mm ²)	A_s min (mm ²)	Dipasang	A_s pasang (mm ²)
B1A	300 x 500	Tumpuan	Atas	1434	447,500	6D19	1701,172
			Bawah	759	447,500	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	476	447,500	4D19	1134,115
			Bawah	746	447,500	6D19	1701,172
B2A	400 x 500	Tumpuan	Atas	1014	596,667	5D19	1417,644
			Bawah	634	596,667	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	634	596,667	3D19	850,586
			Bawah	634	596,667	5D19	1417,644
B2B	400 x 500	Tumpuan	Atas	999	596,667	5D19	1417,644
			Bawah	884	596,667	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	994	596,667	3D19	850,586
			Bawah	884	596,667	5D19	1417,644
B3	400 x 600	Tumpuan	Atas	1288	863,333	6D19	1701,172
			Bawah	910	863,333	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	910	863,333	4D19	1134,115
			Bawah	998	863,333	6D19	1701,172
B4	400 x 700	Tumpuan	Atas	711	397,500	5D19	1417,644
			Bawah	424	397,500	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	424	397,500	3D19	850,586
			Bawah	424	397,500	5D19	1417,644
B5	300 x 450	Tumpuan	Atas	517	206,250	4D19	1134,115
			Bawah	430	206,250	2D19	567,057
		Lapangan	Atas	224	206,250	2D19	567,057
			Bawah	224	206,250	4D19	1134,115
B6	250 x 300	Tumpuan	Atas	412	232,667	4D16	804,248
			Bawah	248	232,667	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	248	232,667	2D16	402,124
			Bawah	342	232,667	4D16	804,248
B7	200 x 400	Tumpuan	Atas	581	347,500	3D19	850,586

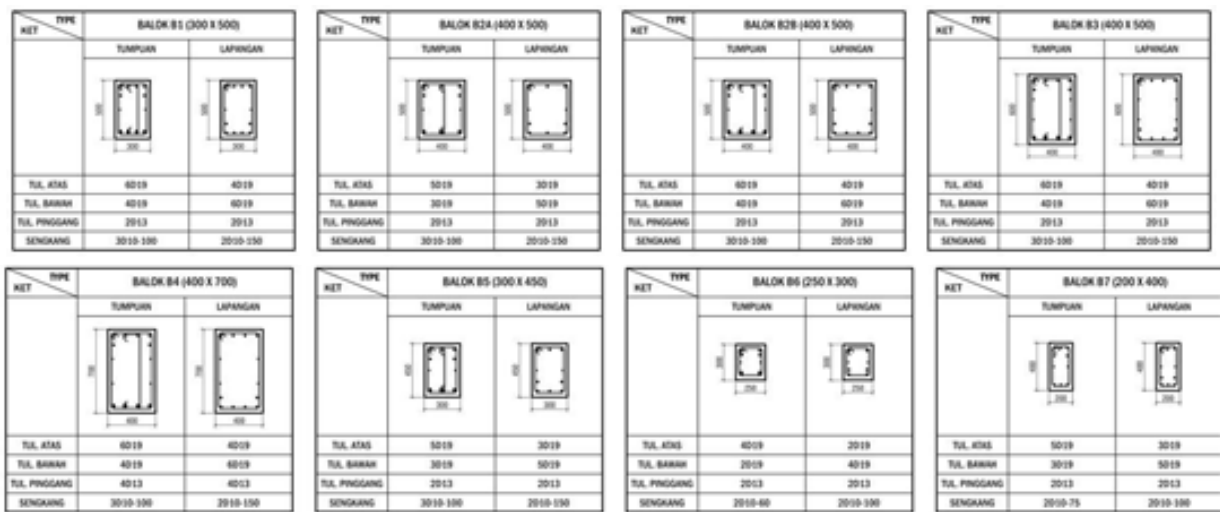
			Bawah	464	347,500	2D19	567,057
		Lapangan	Atas	372	347,500	2D19	567,057
			Bawah	482	347,500	3D19	850,586
B8	300 x 400	Tumpuan	Atas	1121	730,000	5D19	1417,644
			Bawah	772	730,000	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	772	730,000	3D19	850,586
			Bawah	772	730,000	5D19	1417,644
BA1	200 x 400	Tumpuan	Atas	910	863,333	6D19	1701,172
			Bawah	910	863,333	4D19	1134,115
		Lapangan	Atas	910	863,333	4D19	1134,115
			Bawah	910	863,333	6D19	1701,172
BA2	250 x 00	Tumpuan	Atas	634	598,667	6D16	1206,372
			Bawah	634	598,667	4D16	804,248
		Lapangan	Atas	634	598,667	4D16	804,248
			Bawah	634	598,667	6D16	1206,372
BA4	400 x 600	Tumpuan	Atas	351	232,667	4D16	804,248
			Bawah	248	232,667	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	248	232,667	2D16	402,124
			Bawah	251	232,667	4D16	804,248
BK1	400 x 700	Tumpuan	Atas	310	290,833	4D16	804,248
			Bawah	310	290,833	2D16	402,124
		Lapangan	Atas	310	290,833	2D16	402,124
			Bawah	310	290,833	4D16	804,248
BK2	400 x 500	Tumpuan	Atas	772	730,000	5D19	1417,644
			Bawah	772	730,000	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	772	730,000	3D19	850,586
			Bawah	772	730,000	5D19	1417,644
TB1	400 x 600	Tumpuan	Atas	772	703,333	5D19	1417,644
			Bawah	772	703,333	5D19	1417,644
		Lapangan	Atas	772	703,333	5D19	1417,644
			Bawah	772	703,333	5D19	1417,644
TB2	200 x 350	Tumpuan	Atas	667	198,333	3D19	850,586
			Bawah	327	198,333	3D19	850,586
		Lapangan	Atas	214	198,333	3D19	850,586
			Bawah	251	198,333	3D19	850,586

Untuk perhitungan tulangan geser balok didasarkan pada *ouput ETABS* (Av/s) mm^2/mm . Jarak sengkang atau spasi (S) maksimum menurut SNI 2847-2019 pasal 18.6.4.4 yaitu $d/4$, 6 kali diameter tulangan lentur dan tidak melebihi 150 mm. Rekapitulasi rencana tulangan geser balok seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi tulangan Sengkang balok

Tipe	Dimensi (b x h) mm	Daerah	Av/s (mm^2/mm)	\emptyset (mm)	$S_{\text{max 1}}$ (mm)	$S_{\text{max 2}}$ (mm)	$S_{\text{max 3}}$ (mm)	Spas ng (mm)	Dipasang
B1A	300 x 500	Tumpuan	1,13	13	112	114	150	100	3D13-100
		Lapangan	1,51	13				150	2D13-150
B2A	400 x 500	Tumpuan	1,39	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	1,46	10				150	2D10-150
B2B	400 x 500	Tumpuan	1,34	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	1,37	10				150	2D10-150
B3	400 x 600	Tumpuan	0,88	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	0,75	10				150	2D10-150
B4	400 x 700	Tumpuan	0,99	13	112	114	150	100	3D13-100
		Lapangan	1,04	13				150	3D13-150
B5	300 x 450	Tumpuan	0,91	10	112	114	150	100	2D10-100
		Lapangan	0,89	10				150	2D10-150
B6	250 x 300	Tumpuan	0,95	10	112	114	150	60	2D10-60

B7	200 x 400	Lapangan	0,94	10			100	2D10-100
		Tumpuan	0,66	10	112	114	150	100
B8	300 x 400	Lapangan	0,43	10			150	2D10-150
		Tumpuan	1,22	10	112	114	150	100
BK1	400 x 700	Lapangan	1,19	10			150	2D10-150
		Tumpuan	1,93	13	112	114	150	100
BK2	400 x 500	Lapangan	1,71	13			150	2D13-150
		Tumpuan	2,39	13	112	114	150	100
BA1	200 x 400	Lapangan	2,23	13			150	3D13-150
		Tumpuan	0,55	10	112	114	150	100
BA2	250 x 400	Lapangan	0,59	10			150	3D10-150
		Tumpuan	0,84	10	112	114	150	100
BA4	400 x 600	Lapangan	0,84	10			150	2D10-150
		Tumpuan	0,5	10	112	114	150	100
TB1	400 x 600	Lapangan	0,47	10			150	2D10-150
		Tumpuan	2,19	13	112	114	150	100
TB2	200 x 350	Lapangan	1,19	13			150	2D13-150
		Tumpuan	1,29	13	112	114	150	100
		Lapangan	1,27	13			150	2D13-150



Gambar 8. Rencana tulangan balok

b) Perhitungan tulangan balok

Pada hasil analisis *software ETABS* didapatkan momen ultimit (M_u) pada arah X dan Y untuk menentukan dimensi dan jarak antar tulangan pelat pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada, yang kemudian dilakukan pengecekan perhitungan sesuai dengan SNI 2847- 2019 tabel 7.6.1.1 dan 8.6.1.1 dan sudah memenuhi syarat. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan pelat perencanaan Rumah Susun Tenaga pendidik Universitas Gadjah Mada ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan tulangan pelat

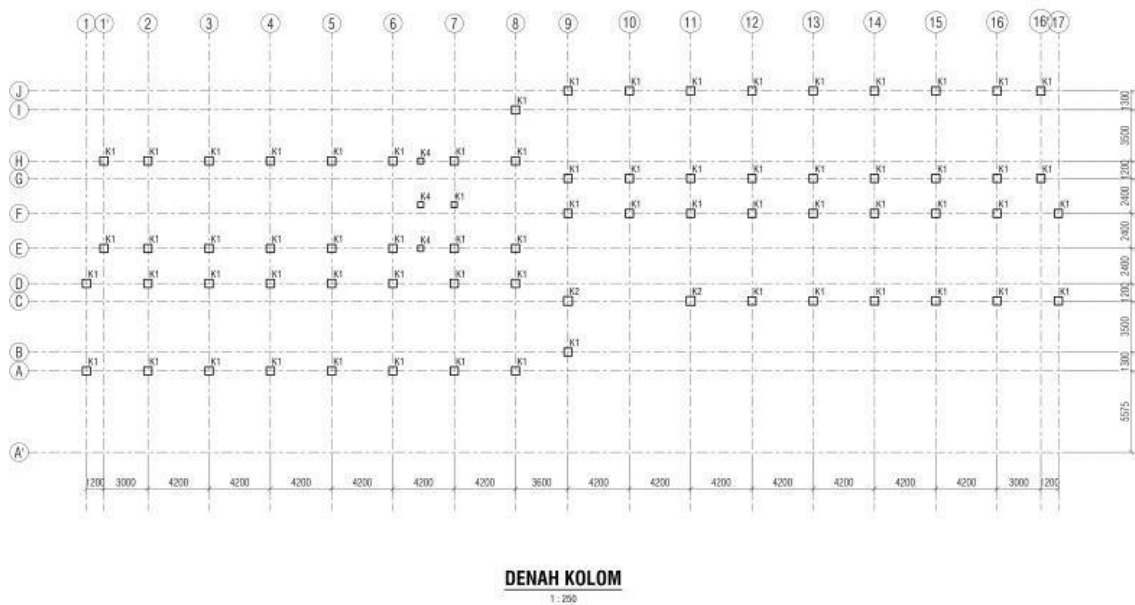
Tipe	Dimensi (cm)	Daerah	Letak Tulangan	M_u (KNm)	$A_s\ perlur$ (mm^2)	$A_s\ min$	Dipasang	$A_s\ pasang$ (mm^2)
S120	420 x 600	Lapangan X	Bawah	9,261	120,453	240	D10-100	785,398
			Tumpuan X	Atas	-20,804	694,182	240	D10-100
		Lapangan Y	Bawah	5,828	184,693	240	D10-100	785,398
			Tumpuan Y	Atas	-8,202	261,922	240	D10-100
S150	360 x 360	Lapangan X	Bawah	8,589	200,462	240	D10-100	785,398

Tumpuan X	Atas	-26,929	649,713	300	D10-100	785,398
Lapangan Y	Bawah	9,54	223,023	300	D10-100	785,398
Tumpuan Y	Atas	-26,929	649,713	300	D10-100	785,398

Berdasarkan Tabel 5 tersebut untuk plat tipe A, B, C, D dan E, semua menggunakan tulangan D10-100 untuk arah X maupun Y.

c) Perhitungan tulangan kolom

Perhitungan tulangan utama kolom didasarkan pada hasil A_s tulangan dari *output ETABS* (Gambar 4) yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan A_s minimum berdasarkan aturan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 untuk menentukan jumlah dan dimensi tulangan yang dipakai. Kemudian dilakukan pengecekan terhadap beberapa syarat yaitu syarat pertama mengenai syarat gaya aksial untuk struktur rangka momen khusus pada SNI 2847-2013 (Pasal 21.6.1) yaitu $P_u > \frac{A_g \cdot f_c}{10}$, Syarat kedua mengenai syarat sisi terpendek dan rasio dimensi penampang pada SNI 2847-2019 pasal 18.7.2.1 yaitu $b \geq 300$ mm dan $\frac{b}{h} \geq 0,4$, syarat ketiga mengenai syarat rasio tulangan pada SNI 2847-2019 (pasal 18.7.4.1) yaitu $0,01A_g \leq A_s$ terpasang $\leq 0,06A_g$. Gambar rencana denah kolom lantai 1 sampai dengan lantai atap ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Denah kolom

Rekapitulasi hasil perhitungan dan pengecekan tulangan utama kolom ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi tulangan utama kolom

Nama	Dimensi (mm)	A_s Perlu (mm^2)	Dipasang	A_s Pasang (mm^2)	A_s Pasang $\geq A_s$ Perlu
K1	550 x 550	3025	20 D 19	5671	OK
K2	600 x 600	3600	20 D 19	5671	OK
K4	400 x 400	3089	12 D 19	3402	OK

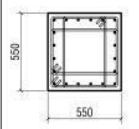
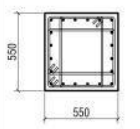
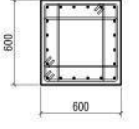
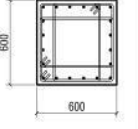
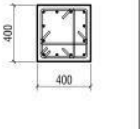
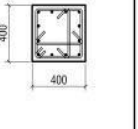
Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil pengecekan rencana tulangan utama kolom sudah memenuhi syarat Selanjutnya untuk perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan pada *output ETABS* luas

tulangan geser per satuan mm (A_v/s) untuk menentukan dimensi dan jarak tulangan sengkang kolom seperti disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Penentuan tulangan Sengkang kolom

Tipe	Dimensi b x h (mm)	Tul.	A_v/s Perlu (mm ² /mm)	\emptyset (mm)	Luas (mm ²)	S Perlu (mm)	Syarat Spasi Tulangan Geser Max (SNI 2847:2019)			Dipakai
							8 x Duta ma	24 x Dsengk ang	½ b kolom	
K1	550 x 550	Tump.	4,98	10	157,08	106,6	152	240	200	4D13 - 100
		Lap.	0,97	10	157,08	547,3	152	240	200	4D13 - 150
K2	600 x 600	Tump.	2,38	10	157,08	223,1	152	240	200	4D13 - 100
		Lap.	0,94	10	157,08	410,5	152	240	200	4D13 - 150
K4	400 x 400	Tump.	1,8	10	157,08	221,2	152	240	200	3D13 - 100
		Lap.	0,54	10	157,08	737,4	152	240	200	3D13 - 150

Hasil perhitungan tulangan longitudinal dan transversal kolom Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada pada Tabel 6 dan Tabel 7 kemudian ditampilkan dalam gambar detail kolom pada Gambar 10.

KET	TYPE	KOLOM K1 (550 X 550) TIPIKAL		KET	TYPE	KOLOM K2 (600 X 600) TIPIKAL		KET	TYPE	KOLOM K4 (400 X 400) TIPIKAL	
		TUMPUAN	LAPANGAN			TUMPUAN	LAPANGAN			TUMPUAN	LAPANGAN
											
	TUL. UTAMA	20D19	20D19		TUL. UTAMA	20D19	20D19		TUL. UTAMA	12D19	12D19
	SENGKANG	4D13-100	4D13-150		SENGKANG	4D13-100	4D13-150		SENGKANG	3D13-100	3D13-150

Gambar 10. Detail rencana tulangan kolom

3.4. Perhitungan struktur bawah

a) Perencanaan pondasi *bored pile*

Pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada digunakan pondasi *bored pile* / tiang bor dengan diameter 600 mm dan kedalaman rencana 12 m luas. Berdasarkan hasil tes SPT dicoba pada kedalaman 12 m dengan nilai N_{SPT} yaitu 38 dan tahanan ujung (q_p) sebesar 24 kg/cm². Daya dukung ujung tiang tunggal dihitung menggunakan metode *Reese&Wright (1977)* dengan menggunakan Persamaan 2.

$$Q_p = q_p \times A \quad \text{Pers. 2)}$$

Sehingga didapatkan daya dukung ujung tiang tunggal yaitu sebesar 67,8584 ton. Selain daya dukung ujung juga dihitung daya dukung akibat gesekan dinding tiang. Dengan keliling tiang 1,884 m dan total tebal lapisan yang menimbulkan gesek antara selimut tiang dengan tanah setebal 10 m, maka didapatkan daya dukung selimut dapat diketahui dengan Persamaan 3.

$$Q_s = \sum f_i \times l_i \times p \quad \text{Pers. 3)}$$

Sehingga didapatkan daya dukung selimut tiang (Q_s) sebesar 224, 196 ton. Dengan penjumlahan nataranya daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung selimut tiang (Q_s) maka daya dukung ultimit (Q_u) didapatkan sebesar 292,054 ton. Sementara untuk daya dukung ijin (Q_{ijin}) dengan mengambil *safety factor (SF)* 2,5 didapatkan daya dukung ijin sebesar 116,822 ton.

b) Perencanaan *Pile Cap/Poer*

Pada perencanaan ini terdapat beberapa jenis *pile cap* yang dipengaruhi oleh banyaknya tiang dalam satu kelompok. Banyak tiang dalam satu kelompok dipengaruhi oleh gaya aksial yang terdapat pada struktur kolom. Jenis – jenis *pile cap* disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi jumlah tiang pada *pile cap*

Tipe	Pu (Ton)	Qijin (Ton)	n (Pu/Qijin)	Jumlah Tiang
PC-1	99,1	116,822	0,848	1
PC-2	177,4066	116,822	1,52	2
PC-3	215,3925	116,822	1,84	3
PC-4	316,771	116,822	2,71	4
PC-6	454,7779	116,822	3,541	6

c) Perencanaan dimensi *pile cap* dan efisiensi kelompok tiang

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S) direncanakan dengan perhitungan 2,5D dan jarak as tiang ke tepi *poer* (S') 1D. Sedangkan ketebalan *pile cap* menurut SNI 2847-2019 pasal 13.4.2.1 yaitu tebal *pile cap* > 300 mm. berikut rekapitulasi hasil perhitungan dimensi *pile cap* disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan dimensi *pile cap*

Tipe <i>Pile cap</i>	n Tiang	S (mm)	S' (mm)	Dimensi <i>Pile cap</i>		Tebal <i>Pile cap</i> (mm)
				Lebar (mm)	Panjang (mm)	
PC-1	1	1500	600	1200	1200	800
PC-2	2	1500	600	2700	1200	800
PC-3	3	1500	600	2500	3000	800
PC-4	4	1500	600	2700	2700	800
PC-6	6	1650	600	4800	2700	800

Kapasitas kelompok tiang (Q_g) dengan menghitung efisiensi kelompok tiang (E_g) yang dipengaruhi oleh konfigurasi jumlah tiang dan jarak antar tiang. Efisiensi kelompok tiang (E_g) dirumuskan dengan Persamaan 4.

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1)n}{90 m \cdot n} \tag{Pers. 4}$$

dengan θ didapatkan dari perhitungan Arc tan . D/S, dimana m merupakan jumlah tiang dalam deretan baris, n merupakan jumlah tiang dalam deretan kolom, D merupakan diameter penampang tiang dan S merupakan jarak antar tiang pancang. Maka diperoleh rekapitulasi efisiensi kelompok tiang (E_g) disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi perhitungan efisiensi kelompok tiang

Tipe <i>Pile cap</i>	D (mm)	S (mm)	Arc tan. d/s	m	n	Nilai Efisiensi, E_g
PC-1	600					1
PC-2	600	1500	21,801	1	2	0,878
PC-3	600	1500	21,801	2	3	0,717
PC-4	600	1500	21,801	2	3	0,757
PC-6	600	1650	19,983	2	3	0,741

Setelah efisiensi kelompok tiang (E_g) diketahui, maka kapasitas tiang kelompok (Q_g) dapat dihitung dengan Persamaan 5 dan hasil rekapitulasi kapasitas tiang kelompok disajikan pada Tabel 11.

$$Q_g = n \times Q_{ijin} \times E_g \quad \text{Pers. 5)}$$

Tabel 11. Rekapitulasi kapasitas tiang kelompok

Tipe <i>Pile cap</i>	E_g	Q Tiang Ton	n	Qg Ton	P (Ton)	Cek
PC-1	1	116,822	1	116,822	96,4	OK
PC-2	0,878	116,822	2	205,345	171,19	OK
PC-3	0,717	116,822	3	251,42	205,37	OK
PC-4	0,757	116,822	4	302,771	302,77	
PC-6	0,741	116,822	6	519,36	454,78	

d) Perhitungan tulangan *pile cap*

Gaya yang digunakan dalam perencanaan perhitungan tulangan *poer* yaitu gaya aksial dari kolom, momen, dan berat *poer* itu sendiri. Penentuan Tulangan pile cap harus memenuhi rasio tulangan

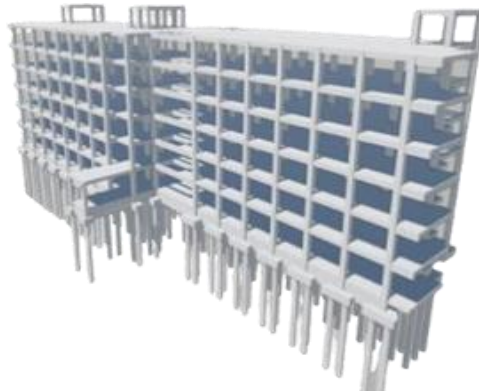
$R_n = \frac{Mn/b \cdot d^2}{f_y} \leq \rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c' \cdot r_A \cdot f_A \cdot (2 \times R_n)}{0,85 \times f_c'}$. Setelah mendapatkan rasio tulangan, menghitung kebutuhan $A_{s,min}$ dengan menggunakan persamaan $A_{s,min} = 0,0018 \times b \times d$, sementara $A_{s,perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$. Luas tulangan terpasang harus lebih besar dari $A_{s,min} < A_{s,pasang} > A_{s,pasang}$.

Tabel 12. Rekapitulasi perhitungan tulangan *pile cap*

Tipe	Letak	Mu (KNm)	ρ_{min}	ρ_{perlu}	As Pakai (mm ²)	Dipaka i	Tul Atas
PC-1	Arah X (bawah)	155,774	0,00 18	0,00983	1701,174	D19- 200	D16- 200
	Arah Y (Bawah)	155,744	0,00 18	0,00693	1701,174	D19- 200	D16- 200
PC-2	Arah X (Bawah)	457,506	0,00 18	0,00206	1984,71	D19- 150	D19- 150
	Arah Y (Bawah)	459,215	0,00 18	0,00192	3685,877	D19- 200	D16- 200
PC-3	Arah X (bawah)	394,532	0,00 18	0,00851	4536,464	D19- 200	D16- 200
	Arah Y (Bawah)	541,881	0,00 18	0,00097	4252,935	D19- 200	D16- 200
PC-4	Arah X (bawah)	932,459	0,00 18	0,00186	4818,993	D19- 150	D16- 150
	Arah Y (Bawah)	932,459	0,00 18	0,00186	4818,993	D19- 150	D16- 150
PC-6	Arah X (bawah)	3317,58 2	0,00 18	0,00385	15217,13	D25- 150	D16- 150
	Arah Y (Bawah)	1085,0 48	0,11 8	0,0022 1	7088,325	D19- 100	D16- 150

3.5. Hasil pemodelan menggunakan *software tekla structures*

Hasil pemodelan 3D pada perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada menggunakan *Software Tekla Structures*, hasil pemodelan struktur tersebut berdasarkan hasil analisis struktur dari *software ETBAS* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil pemodelan struktur atas menggunakan *tekla structures*

3.6. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

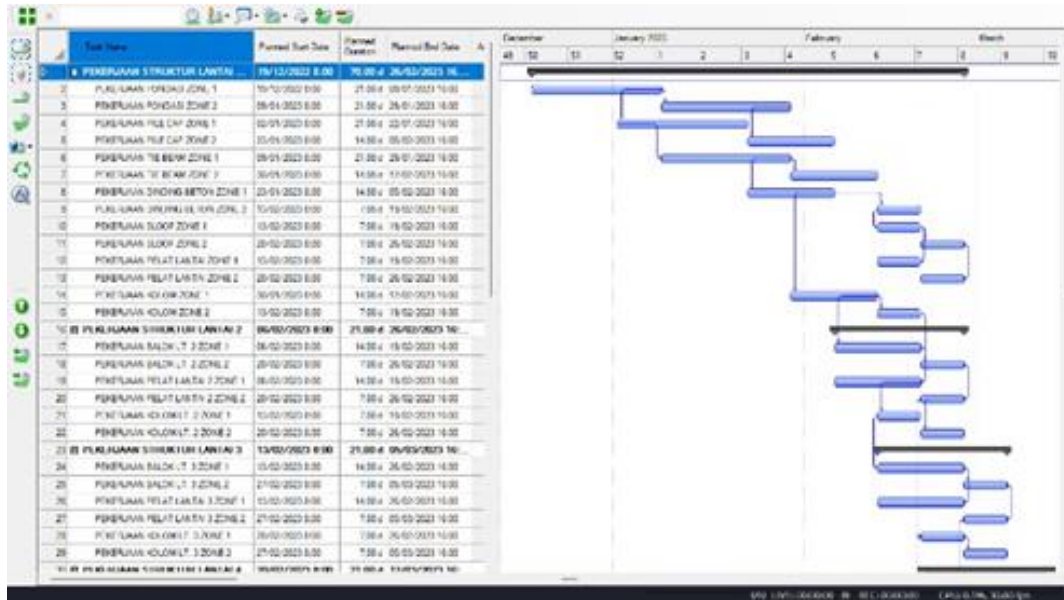
Jenis pekerjaan yang dilampirkan dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini adalah pekerjaan persiapan yang meliputi pekerjaan pematangan lahan, pengukuran dan pemasangan bouwplank, pengadaan direksi keet, papan nama proyek, pagar proyek. Kemudian pekerjaan struktur bawah meliputi pekerjaan pondasi *bored pile*, pekerjaan *pile cap*, pekerjaan *tie beam* dan dinding beton. Sementara pekerjaan struktur atas meliputi pekerjaan balok, pekerjaan kolom, dan pekerjaan pelat. Hasil Perhitungan estimasi biaya atau RAB didasarkan pada volume yang didapatkan dari *output* pemodelan pada Tekla Structures dan Harga Satuan Pekerjaan didapatkan dengan merujuk pada Analisa Harga Satuan pekerjaan (AHSP) harga setiap sumber daya daerah Kabupaten Sleman. Rekapitulasi perhitungan RAB dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi perhitungan RAB

No	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	215.769.961,30
II	Pekerjaan Tanah dan Galian	76.150.499,84
III	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	6.052.652.268,39
IV	Pekerjaan Struktur Lantai 2	2.703.558.701,99
V	Pekerjaan Struktur Lantai 3	2.654.764.426,81
VI	Pekerjaan Struktur Lantai 4	2.654.764.426,81
VII	Pekerjaan Struktur Lantai 5	2.654.764.426,81
VIII	Pekerjaan Struktur Lantai 6	2.603.332.871,38
IX	Pekerjaan Struktur Atap	1.945.871.879,61
X	Pekerjaan Struktur Rooftop	307.678.877,47
	Jumlah	21.869.308.340,39
	PPN 11%	2.405.623.917,44
	Jumlah Total	24.274.932.257,83
	Dibulatkan	24.274.932.257,00

3.7. Penjadwalan menggunakan *Tekla Structures*

Simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur pada Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada berdasarkan dari kurva S pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun. Kemudian setelah mendapatkan durasi pada setiap item pekerjaan dapat dimasukkan pada pemodelan yang telah dibuat di *Tekla Structures* sesuai dengan urutan pekerjaan untuk mendapatkan simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada. Simulasi penjadwalan pelaksanaan pekerjaan didapatkan selama 16 minggu (4 bulan) seperti Gambar 12.



Gambar 12. Hasil penjadwalan menggunakan *Tekla Structures*

4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur pada Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Hasil perhitungan dimensi dan tulangan yang dipakai untuk struktur bawah (pondasi *bored pile*, *pile cap*, *tie beam*) dan struktur atas (balok, kolom, pelat) pada perencanaan ini telah dilakukan pengecekan dan dinyatakan layak dan aman berdasarkan hasil analisis *ETABS*.
- 2) Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perencanaan pekerjaan struktur sebesar Rp. 24.274.932.257,00. Kemudian untuk penjadwalan pelaksanaan pekerjaan struktur yang disimulasikan dengan menggunakan *software Tekla Structures* direncanakan untuk dilaksanakan dalam kurun waktu 16 Minggu atau 4 bulan.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada pihak proyek pembangunan Rumah Susun Tenaga Pendidik Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan sumber data yang dibutuhkan dan kepada seluruh pihak yang turut mendukung, memberi masukan dan membantu selama penyusunan perencanaan ini.

Referensi

- Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya manusia antara metode Building Information Modelling (BIM) dan konvensional (studi kasus: perencanaan gedung20 lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220-229.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2019. Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

- Raflis, R. (2018). Manfaat penggunaan Building Information Modelling (BIM) pada proyek konstruksi sebagai media komunikasi stakeholders. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 1(2), 62-66.
- SNI 03-2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 03-1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain.
- Susila, H., & Handoyo, S. (2015). Analisis Pengaruh Konflik dalam Pelaksanaan Konstruksi terhadap Kesuksesan Proyek. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(20).