



## Penerapan building information modeling (BIM) dalam perencanaan rumah susun kementerian sosial BBRSPDF Kota Surakarta 6 lantai

Aditya Wibowo<sup>a\*</sup>, Safia Nur Asha<sup>b</sup>, Asri Nurdiana<sup>c</sup>, Bambang Setiabudi<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[1.adityawibowo@gmail.com](mailto:1.adityawibowo@gmail.com)

[safianurasha@gmail.com](mailto:safianurasha@gmail.com)

#### Article history:

Received : 17 July 2023

Revised : 01 November 2023

Accepted : 08 November 2023

Publish : 03 December 2023

#### Keywords:

BIM, Construction, Building

### ABSTRACT

*Construction planning and management is carried out as an attempts to find out various aspects that will be use in facilitating the construction, so it is following the applicable requirements, building functions, and economy. In construction projects, problems are often found at the planning stage or during construction, such as clashes between design elements or between schedules which can cause delays in project construction, large amounts of waste generated after construction, cost overruns during construction, and other problems caused by a lack of accuracy and poor coordination that can disrupt the productivity of construction projects. As technology develops, Building Information Modeling (BIM) is use as a solution to overcome various problems in the construction sector with a system that can collect and manage important data in the construction planning process that is integrated into accurate 3D modeling. In this final project, Building Information Modeling (BIM) will be used to plan the 6-floor Flats of the Ministry of Social Affairs BBRSPDF Surakarta City. Outputs be generated in the form of superstructure and substructure plans, namely the design of foundation structures, columns, beams, and plates, 2D Detail Engineering Design (DED), 3D modeling, and construction management plans in the form of Budget Plans, and scheduling.*

Copyright © 2023 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.

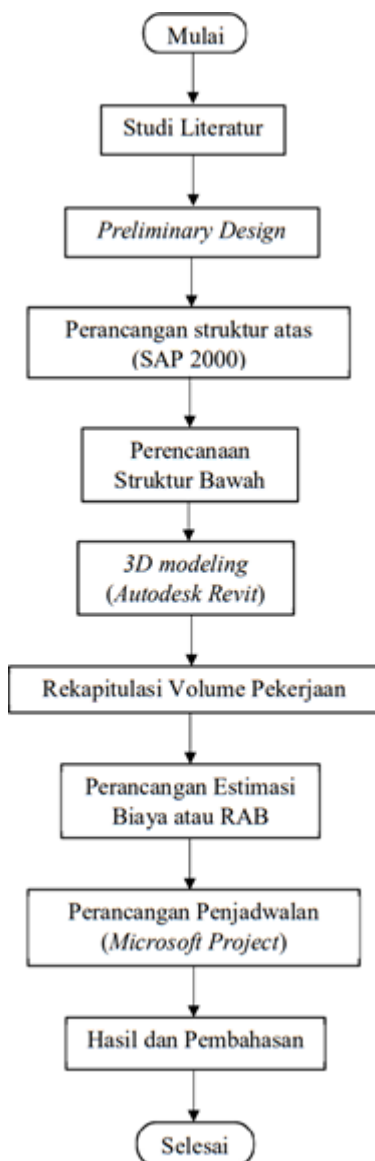
Perkembangan teknologi konstruksi berinovasi menghadirkan sistem bernama *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat membantu mempermudah proses pra-konstruksi sampai dengan pasca- konstruksi. Penggunaan BIM jika dibandingkan dengan metode konvensional dapat mempercepat waktu perencanaan proyek sebesar  $\pm 50\%$ , mengurangi kebutuhan SDM sebesar 26,66% dan menghemat pengeluaran biaya untuk personel 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 dengan penerapan Building Information Modeling (BIM) menggunakan *software* Autodesk Revit 2019 untuk membuat model 3D, dengan analisis struktur atas menggunakan *software* SAP2000 yang mengacu pada SNI terkait. Perencanaan bangunan ini mengimplementasikan *Building Information Modeling* (BIM) dalam perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta 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 diatas 200 m<sup>2</sup> dan diatas 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 penjadwalan.

## 2. Data dan metode

Fungsi bangunan pada perencanaan ini yaitu sebagai rumah susun dengan lokasi bangunan terletak di Kota Surakarta. Jenis struktur portal beton bertulang dengan tipe Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Jumlah lantai yang direncanakan yaitu 6 lantai dengan ketinggian setiap lantai 3,6 meter. Pedoman yang dipakai dalam perencanaan ini yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, SNI 03-2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 03-2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 03-1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 03-1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

Tahapan perencanaan dimulai dari perancangan struktur atas, analisis struktur menggunakan SAP2000, perencanaan struktur bawah, kemudian dilanjutkan dengan membuat model 3D menggunakan Autodesk Revit, melakukan rekapitulasi volume pekerjaan, perancangan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penjadwalan. Metode dalam perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir perencanaan

Berdasarkan Tabel 19.2.1.1 SNI 2847:2019, batasan nilai  $f'_c$  untuk struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan jenis beton berat normal diizinkan menggunakan nilai  $f'_c$  minimum sebesar 21 MPa dengan nilai  $f'_c$  maksimum tidak ada batasan, sehingga pada perencanaan ini menggunakan beton  $f'_c = 25$  MPa dengan besi beton ulir  $f_y = 420$  MPa.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Hasil preliminary design

1) Hasil perencanaan dimensi balok

Desain tinggi minimum balok (h) didasarkan pada Tabel 9.3.1.1 SNI 2847:2019 seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tinggi minimum balok (SNI 2847:2019)

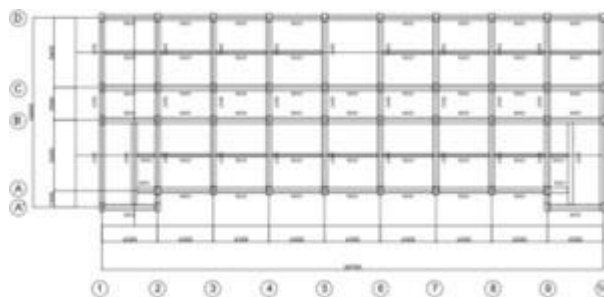
Kondisi Perletakan	h minimum
Perletakan sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Lebar penampang balok minimum (b) berdasarkan Pasal 18.6.2 SNI 2847:2019 yaitu  $0,3h$  atau 250 mm, yang kemudian digunakan dengan perhitungan  $b = 2/3h$ . Sehingga rekapitulasi rencana dimensi balok berdasarkan perhitungan *preliminary design* balok untuk lantai 1 sampai dengan lantai atap pada Perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta seperti Tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Rencana Dimensi Balok

No.	As Balok	Lantai	Bentang (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	h <sub>pakai</sub> (cm)	b <sub>min</sub> (cm)	b <sub>pakai</sub> (cm)	Tipe Balok (b x h)
1	1,2,9,10 A'-D 3,4,5,6,7,8 A-D	2-6	540	33,75	50	33,33	40	B45Y (40x50 cm)
	1,2,9,10 A'-B 5,6 C-D	Atap Kanopi						
2	A' 1-2, 9-10 A 2-9 B,C,D 1-10	2-6	430	26,9	50	33,33	40	B45X (40x50 cm)
	A',B 1-2, 9-10 C,D 5-6 B' 1-2, 9-10	Atap Kanopi						
3	D' 1-5, 6-10 B' 2-9	2-6	430	20,5	30	20	25	BA23 (25x30 cm)
4	A' 2-9 2,3,4,5,6,7,8,9 A'-A	Atap	430	53,75	55	36,67	40	B45K (40x55 cm)
5	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 A'-D A', A, B, C, D 1-10	1	540	33,75	50	33,33	50	TB55 (50x50 cm)

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



**Gambar 2.** Denah Rencana Balok

## 2) Hasil perencanaan dimensi plat

Berdasarkan Pasal 8.3.1.1 SNI 2847:2019, 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 jarak bersih bentang terpanjang dan  $S_n$  merupakan jarak bersih bentang terpendek. Tebal minimum plat dengan menggunakan rumus :  $\frac{L_n}{33}$  (Tabel 8.3.1.1 SNI 2847:2019). Dihitung  $L_n/S_n = 5,1/4 = 1,275 < 2$  sehingga plat termasuk plat dua arah. Sedangkan berdasarkan perhitungan tebal plat dipakai plat setebal 15 cm.

## 3) Hasil perencanaan dimensi kolom

Berdasarkan perhitungan didapatkan beban mati untuk 1 lantai yaitu sebesar 18578,205 kg, maka untuk beban mati 6 lantai yaitu sebesar 111469,23 kg. Untuk beban hidup 1 lantai yaitu sebesar 3261,12 kg, maka untuk beban mati 6 lantai sebesar 19566,72 kg. Beban mati atap didapatkan sebesar 11850,715 kg dan beban hidup atap yaitu sebesar 1698,5 kg. Jadi, beban mati total (DL) didapatkan sebesar 123319,945 kg dan Beban hidup total (LL) sebesar 21265,22 kg. Kombinasi beban yang dipakai pada perencanaan kolom ini yaitu 1,2 DL + 1,6 LL, sehingga diperoleh beban ( $W_u$ ) yaitu sebesar 182008,286 kg. Kemudian perhitungan luas

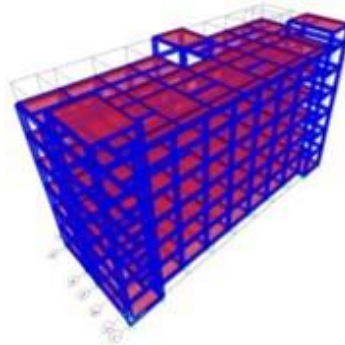
kolom ditentukan dengan Persamaan 1.

$$A = \frac{W_u}{0,3 \times f'c} \dots\dots\dots (1)$$

dengan nilai  $f'c = 25$  Mpa, sehingga didapatkan hasil luas kolom yaitu sebesar  $2426,777 \text{ cm}^2$ . Jika luas kolom diakarkan maka didapatkan tinggi penampang kolom yang dipakai yaitu 60 cm, dan lebar  $2/3$  yaitu dipakai 40 cm. Jadi dimensi kolom yang direncanakan yaitu  $40 \times 60 \text{ cm}$ .

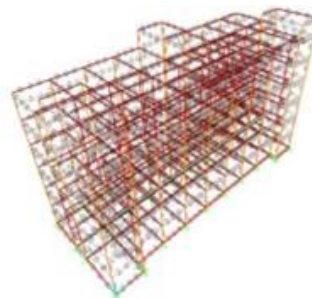
### 3.2. Analisis struktur

Pemodelan struktur menggunakan SAP2000 V20 Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta 6 lantai ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil pemodelan struktur menggunakan SAP2000 V20

Untuk menghindari terjadinya *overstressed* pada rencana struktur maka dilakukan pengecekan kelayakan pada model. Pada pemodelan perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta menggunakan SAP2000 V20 didapatkan hasil pengecekan struktur dinyatakan aman dan tidak mengalami *overstressed* sehingga perencanaan struktur yang telah dimodelkan layak untuk digunakan. Kemudian didapatkan as tulangan kolom dan balok untuk bagian tumpuan dan lapangan seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** As tulangan hasil analisis SAP2000

Gaya - Gaya dalam yang dihasilkan dari analisis struktur Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta menggunakan SAP2000 V20 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

#### 1) Perhitungan tulangan balok

Perhitungan tulangan utama balok didasarkan pada hasil As tulangan *output* SAP2000 (Gambar 4) yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan As 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

Nama	Ukuran Balok (b x h) mm	Daerah	Letak Tul.	As Perlu (mm <sup>2</sup> )	As min 1 (mm <sup>2</sup> )	As min 2 (mm <sup>2</sup> )	As	
							Terpasang (mm <sup>2</sup> )	Dipakai
B45Y	400 x 500	Tump.	Atas	1304,602	559,524	626,667	1407,434	<b>7D16</b>
			Bawah	627,176			804,248	<b>4D16</b>
		Lap.	Atas	410,664			804,248	<b>4D16</b>
			Bawah	684,907	559,524	626,667	804,248	<b>4D16</b>
B45X	400 x 500	Tump.	Atas	1920,16	559,524	626,667	2010,619	<b>10D16</b>
			Bawah	903,705			1005,310	<b>5D16</b>
		Lap.	Atas	386,754			402,124	<b>2D16</b>
			Bawah	1524,01	559,524	626,667	1608,495	<b>8D16</b>
BA23	250 x 300	Tump.	Atas	221,935	200,893	225	402,124	<b>2D16</b>
			Bawah	0,987			402,124	<b>2D16</b>
		Lap.	Atas	0,658			402,124	<b>2D16</b>
			Bawah	299,535	200,893	225	402,124	<b>2D16</b>
B45K	400 x 550	Tump.	Atas	562,923	619,048	693,333	804,248	<b>4D16</b>
			Bawah	278,463			402,124	<b>2D16</b>
		Lap.	Atas	138,506			402,124	<b>2D16</b>
			Bawah	138,506	619,048	693,333	804,248	<b>4D16</b>
TB55	500 x 500	Tump.	Atas	3003,37	699,405	783,333	3421,194	<b>9D22</b>
			Bawah	1808,97			1900,664	<b>5D22</b>
		Lap.	Atas	1513,35			1900,664	<b>5D22</b>
			Bawah	3029,68	699,405	783,333	3421,194	<b>9D22</b>

Untuk perhitungan tulangan sengkang balok didasarkan pada *ouput* SAP 2000 luas tulangan geser per satuan mm ( $A_v/s$ ) untuk menentukan dimensi dan jarak tulangan sengkang. Penentuan tulangan sengkang untuk daerah lapangan dan tumpuan balok harus mempertimbangkan jarak sengkang atau spasi ( $S$ ) maksimum yang diijinkan yaitu  $\frac{1}{2} d$ ,  $\frac{1}{4} d$ , dan 150 mm, dimana  $d$  merupakan tinggi efektif balok. Rekapitulasi rencana tulangan sengkang balok seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi tulangan sengkang balok

Nama	Ukuran Balok (b x h) mm	Daerah	Av/s Perlu (mm <sup>2</sup> /mm)	Ø mm	S max 1 (mm)	S max 2 (mm)	S max 3 (mm)	S pakai (mm)	Dipakai
Lap.	0,255	10	225			150	<b>D10 - 150</b>		
B45X	400 x 500	Tump.	1,338	10	113	128	150	100	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,827	10	225			150	<b>D10 - 150</b>
BA23	250 x 300	Tump.	0,963	10	113	128	150	100	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,718	10	225			150	<b>D10 - 150</b>
B45K	400 x 550	Tump.	0,123	10	113	128	150	100	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,333	10	225			150	<b>D10 - 150</b>
TB55	500 x 500	Tump.	0,2	10	113	128	150	100	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,216	10	225			150	<b>D10 - 150</b>

Hasil perhitungan tulangan utama dan sengkang balok Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta pada Tabel 3 dan Tabel 4 kemudian ditampilkan detail balok seperti pada Gambar 8.

BALOK B4EY			BALOK B4EK			BALOK B4J3			BALOK B4K3			TIEBEAM TB55		
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN			POTONGAN			POTONGAN			POTONGAN			POTONGAN		
TUL ATAS	7 D16	4 D16	TUL ATAS	10 D16	2 D16	TUL ATAS	2 D16	2 D16	TUL ATAS	4 D16	2 D16	TUL ATAS	9 D22	5 D22
TUL BAWAH	4 D16	4 D16	TUL BAWAH	5 D16	8 D16	TUL BAWAH	2 D16	2 D16	TUL BAWAH	2 D16	4 D16	TUL BAWAH	5 D22	9 D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	SENGKANG	D10-100	D10-150	SENGKANG	D10-100	D10-150	SENGKANG	D10-100	D10-150	SENGKANG	D10-100	D10-150

Gambar 8. Rencana tulangan balok

2) Pehitungan tulangan pelat

Pada hasil analisis SAP2000 didapatkan momen ultimit (Mu) pada arah X dan Y untuk menentukan dimensi dan jarak antar tulangan pelat pada perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta. Yang kemudian dilakukan pengecekan perhitungan sesuai dengan SNI 2847:2019 dan sudah memenuhi syarat. Rekapitulasi hasil perhitungan tulangan pelat perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta ditunjukkan pada Tabel 5.

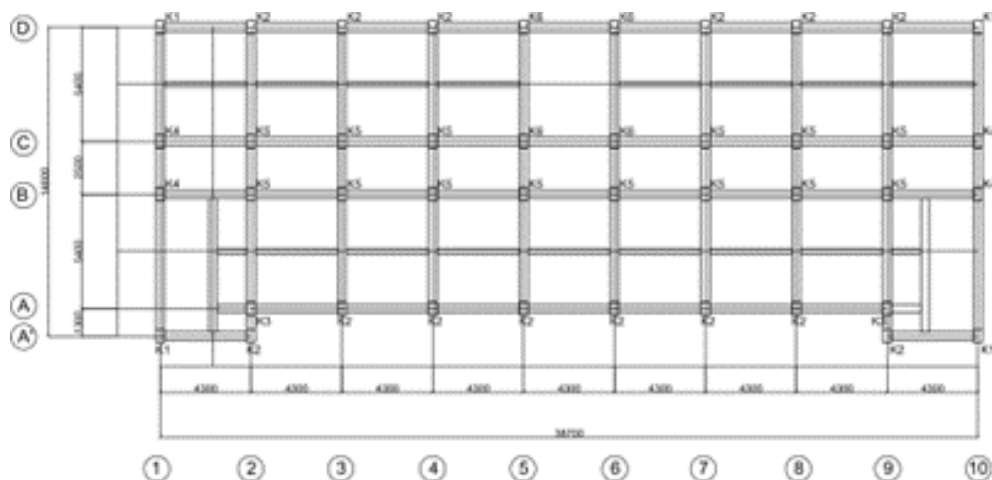
Tabel 5. Perhitungan tulangan pelat

Tipe	Tebal Pelat (mm)	Tul.	Mu (kNm)	Ø mm	Jarak (mm)	Tebal Efektif, d (mm)	Ø Mn (kNm)	a (mm)	Dipakai
Plat A	150	Arah X	5,9258	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
		Arah Y	1,2165	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
Plat B	150	Arah X	6,8768	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
		Arah Y	1,9206	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
Plat C	150	Arah X	9,1382	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
		Arah Y	0,6154	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
Plat D	150	Arah X	25,6912	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
		Arah Y	6,8549	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
Plat E	150	Arah X	4,5476	10	150	130	21,96	10,35	D10-150
		Arah Y	5,6256	10	150	130	21,96	10,35	D10-150

Berdasarkan Tabel 5 tersebut untuk plat tipe A, B, C, D dan E, semua menggunakan tulangan D10 dengan jarak 15 cm baik arah X maupun arah Y.

3) Perhitungan tulangan kolom

Perhitungan tulangan utama kolom didasarkan pada hasil As tulangan dari output SAP2000 (Gambar 4) yang kemudian tulangan perlu bagian lentur balok akan dibandingkan dengan perhitungan As minimum berdasarkan aturan SNI 2847:2019 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  $b \geq 300 \text{ mm}$  dan  $\frac{b}{h} \geq 0,4$ , syarat ketiga mengenai syarat rasio tulangan pada SNI 2847-2019 (pasal 18.7.4.1) yaitu  $0,01A_g \leq A_s \text{ terpasang} \leq 0,06A_g$ . 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 Kolom	Dimensi (mm)	As Perlu (mm <sup>2</sup> )	Ø mm	Luas (mm <sup>2</sup> )	Jumlah	As Terpasang (mm <sup>2</sup> )	Cek Persyaratan SNI			Dipakai
							Syarat1	Syarat2	Syarat3	
K1	400 x 600	2400	19	283,53	10	2835	OK	OK	OK	10 D19
K2	400 x 600	4277	19	283,53	16	4536	OK	OK	OK	16 D19
K3	400 x 600	5519	19	283,53	20	5671	OK	OK	OK	20 D19
K4	400 x 600	3877	19	283,53	14	3969	OK	OK	OK	14 D19
K5	400 x 600	7945	22	283,53	22	8363	OK	OK	OK	22 D22
K6	400 x 600	3743	19	283,53	14	3969	OK	OK	OK	14 D19

Hasil pengecekan rencana tulangan utama kolom sudah memenuhi syarat. Selanjutnya untuk perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan pada *ouput* SAP2000 luas tulangan geser per satuan mm ( $A_v/s$ ) untuk menentukan dimensi dan jarak tulangan sengkang kolom seperti pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Penentuan tulangan sengkang kolom

Tipe	Dimensib x h (mm)	Tul.	$A_v/s$ Perlu (mm <sup>2</sup> /mm)	Ø (mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	S Perlu (mm)	Syarat Spasi Tulangan Geser Max (SNI 2847:2019)			Dipakai
							8 x Dutama	24 x Dsengkan g	½ b kolom	
K1	400 x 600	Tump.	0,451	10	157,08	348,3	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,333	10	157,08	471,7	152	240	200	<b>D10 - 150</b>
K2	400 x 600	Tump.	0,34	10	157,08	462	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,34	10	157,08	462	152	240	200	<b>D10 - 150</b>
K3	400 x 600	Tump.	0,625	10	157,08	251,3	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,625	10	157,08	251,3	152	240	200	<b>D10 - 150</b>
K4	400 x 600	Tump.	0,463	10	157,08	339,3	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,463	10	157,08	339,3	152	240	200	<b>D10 - 150</b>
K5	400 x 600	Tump.	0,333	10	157,08	471,7	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,333	10	157,08	471,7	152	240	200	<b>D10 - 150</b>
K6	400 x 600	Tump.	0,333	10	157,08	471,7	152	240	200	<b>D10 - 100</b>
		Lap.	0,333	10	157,08	471,7	152	240	200	<b>D10 - 150</b>



Hasil perhitungan tulangan utama dan sengkang kolom Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta pada Tabel 6 dan Tabel 7 kemudian ditampilkan dalam gambar detail kolom pada Gambar 10.



Gambar 10. Rencana tulangan kolom

### 3.4. Perhitungan struktur bawah

#### 1) Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pada perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta digunakan diameter pancang yaitu 35 cm dengan luas penampang (A) sebesar 962,113 cm<sup>2</sup> dan keliling penampang (K) sebesar 109,956 cm. Berdasarkan hasil tes sondir didapat kedalaman tanah keras yaitu 6 m dengan nilai *total friction* (Tf) yaitu 332 dan *conus resistance* (q) sebesar 250 kg/cm<sup>2</sup>. Daya dukung ultimit per satu pancang dihitung menggunakan rumus :

$$Q_u = \frac{qc \cdot A}{3} + \frac{Tf \cdot K}{5} \dots\dots\dots (2)$$

Sehingga didapatkan daya dukung ultimit satu tiang pancang yaitu sebesar 87,477 ton. Selanjutnya perhitungan jumlah tiang pancang (n) menggunakan rumus :

$$n = F/Q_{net} \dots\dots\dots (3)$$

dengan  $Q_{net}$  merupakan berat bersih tiang yang didapatkan dari pengurangan  $Q_u$  dengan berat tiang ( $W = Volume \cdot B_j$  Beton) sehingga didapatkan  $Q_{net}$  sebesar 86091,68 kg. berikut merupakan hasil perhitungan rencana jumlah tiang (n) dengan mempertimbangkan beban maksimum (F) pada tiap titik yang didapat dari hasil analisis struktur pada SAP2000. Rekapitulasi perhitungan jumlah tiang pancang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

F (Kgf)	Q Tiang (Kgf)	n (F/Q)	Dipakai
132014,08	86091,68	1,53	2 tiang
212012,88	86091,68	2,46	4 tiang
346523,01	86091,68	4,03	6 tiang

#### 2) Perencanaan Dimensi *Pile cap*

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S) direncanakan dengan perhitungan  $2,5D \leq S \leq 3D$ , dimana D merupakan dimensi tiang pancang yaitu 35 cm sehingga dipakai S sebesar 105 cm. Kemudian direncanakan jarak tiang pancang ke tepi *pile cap* (S') dengan perhitungan  $1,25D$ . sehingga direncanakan S' yang dipakai yaitu 50 cm. Penentuan tebal *pile cap* disesuaikan dengan SNI 2487-2019 Pasal 13.4.2.1 yaitu tebal *pile cap* > 300 mm. Rekapitulasi hasil perhitungan dimensi *pile cap* dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Rekapitulasi Perhitungan Dimensi *Pile cap*

Tipe <i>Pile cap</i>	n Tiang	S (cm)	S' (cm)	Dimensi <i>Pile cap</i>		Tebal <i>Pile cap</i> (cm)
				Lebar (cm)	Panjang (cm)	
PC1	2	105	50	100	205	800
PC2	4	105	50	205	205	800
PC3	6	105	50	205	310	800

Kemudian melakukan pengecekan kelayakan rencana kelompok tiang (*pile group*) dengan membandingkan hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang ( $P_g$ ) dengan daya dukung ( $P$ ) yang didapat dari *output* analisis SAP2000. Perhitungan daya dukung kelompok tiang dipengaruhi oleh efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) yang dihitung dengan menggunakan rumus :

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

dengan  $\theta$  didapatkan dari perhitungan  $\text{Arc tan} \cdot D/S$ , sedangkab  $m$  merupakan jumlah baris,  $n$  merupakan jumlah kolom,  $D$  merupakan diameter tiang pancang dan  $S$  merupakan jarak antar tiang pancang. Sehingga didapatkan rekapitulasi efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) seperti pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Tipe <i>Pile cap</i>	D (cm)	S (cm)	Arc tan. d/s	m	n	Nilai Efisiensi, $E_g$
PC1	35	105	18,435	2	1	0,898
PC2	35	105	18,435	2	2	0,795
PC3	35	105	18,435	3	2	0,761

Setelah efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan dan pengecekan daya dukung maksimal kelompok tiang ( $P_g$ ) dengan menggunakan rumus :

$$P_g = n \cdot Q_{\text{nett}} \cdot E_g \quad (5)$$

Sehingga didapatkan daya dukung maksimal kelompok tiang ( $P_g$ ) pada PC1 sebesar 154,55 ton, PC2 sebesar 273,77 ton dan PC3 sebesar 393,09 ton. Pengecekan daya dukung tiang dengan nilai  $P_g > \text{Total}P$  (*output* SAP2000) pada Tabel 11 sudah sesuai dengan syarat sehingga aman dan dapat digunakan.

**Tabel 11.** Pengecekan daya dukung kelompok tiang

Tipe <i>Pile cap</i>	$E_g$	Q Tiang Ton	n	$P_g$ Ton	Total P ( <i>output</i> SAP2000)Ton	Cek
PC1	0,898	86,092	1	154,55	132,01	OK
PC2	0,795	86,092	2	273,77	266,44	OK
PC3	0,761	86,092	2	393,09	346,53	OK

3) Perhitungan Tulangan *Pile cap*

Penentuan Tulangan pile cap harus memenuhi syarat  $R_n > R_{n_{\text{max}}}$  dan  $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$ .  $R_{n_{\text{max}}}$  dihitung dengan menggunakan  $\rho_{\text{max}} \cdot f_y \cdot 1 - \left( \frac{\rho_{\text{max}}}{2} \cdot \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \right)$  dan  $R_n$  merupakan  $\frac{M_n}{b \cdot d^2}$  dengan  $M_n$  merupakan momen nominal dengan perhitungan  $M_u/0,8$ , kemudian untuk  $b$  yaitu sebesar 1000 dan  $d$  merupakan tebal efektif *pile cap*. Untuk menghitung luas tulangan yang dipakai ( $A_s \text{ pakai}$ ) menggunakan perhitungan  $\frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \cdot \frac{1000}{s}$ , sedangkan  $A_s \text{ perlu}$  didapatkan dari perhitungan  $\rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$  dengan  $\rho_{\text{pakai}}$  ditentukan dari perhitungan  $\rho_{\text{perlu}}$  yang dibandingkan dengan hasil perhitungan  $\rho_{\text{min}}$  dan  $\rho_{\text{max}}$ .  $\rho_{\text{perlu}}$  didapatkan berdasarkan perhitungan  $0,85 \frac{f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$ ,  $\rho_{\text{min}}$  didapatkan menggunakan perhitungan  $\frac{1,4}{f_y}$  dan  $\rho_{\text{max}}$  dengan perhitungan  $0,75\rho_b$ , dimana  $\rho_b$  dari

perhitungan  $0,85 \cdot 0,85 \frac{f'c}{f_y} \left( \frac{600}{600+f_y} \right)$ . Direncanakan *pile cap* dengan menggunakan mutu beton,  $f'c$  25 MPa dengan kuat leleh baja tulangan ( $f_y$ ) sebesar 420 MPa. Sehingga didapatkan rekapitulasi perhitungan seperti pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Perhitungan  $\rho_{pakai}$  Tulangan *Pile cap*

Tipe	Tebal	Letak	Mu (output SAP2000)	Mn	$\rho_{min}$	$\rho_{max}$	Rnmax	Rn	Cek Rn > Rnmax	$\rho_{perlu}$	$\rho_{pakai}$
PC1	800	Mux (bawah)	56,40	70,50	0,0035	0,019	6,47	1,22	OK	0,0030	<b>0,0030</b>
		Muy (bawah)	30,82	38,52	0,0035	0,019	6,47	0,67	OK	0,0016	<b>0,0016</b>
PC2	800	Mux (bawah)	49,78	62,22	0,0035	0,019	6,47	1,07	OK	0,0026	<b>0,0026</b>
		Muy (bawah)	42,90	53,62	0,0035	0,019	6,47	0,93	OK	0,0023	<b>0,0023</b>
PC3	800	Mux (bawah)	68,28	85,35	0,0035	0,019	6,47	1,47	OK	0,0036	<b>0,0036</b>
		Muy (bawah)	1,07	1,34	0,0035	0,019	6,47	0,02	OK	0,0001	<b>0,0035</b>

Setelah  $\rho_{pakai}$  didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan  $A_s$  Tulangan yang dibutuhkan untuk menentukan diameter dan jarak tulangan *pile cap* yang dipakai. Berdasarkan perhitungan, tulangan *pile cap* yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan dan dapat digunakan pada struktur bawah Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Rekapitulasi dan pengecekan Tulangan *Pile cap*

Nama	Tebal mm	Letak Tul.	$A_{sperlu}$ mm <sup>2</sup>	$\emptyset$ mm	Jarak mm	$A_{spakai}$ mm <sup>2</sup>	Cek $A_{spakai} > A_{sperlu}$	Dipakai
PC1	800	Mux (bawah)	2273	19	120	2362,7	OK	<b>19-120</b>
		Mux (atas)	472,55	16	300	670,21	OK	<b>16-300</b>
		Muy (bawah)	1224,8	19	120	2362,7	OK	<b>19-120</b>
		Muy (atas)	472,55	16	100	2010,6	OK	<b>16-100</b>
PC2	800	Mux (bawah)	1998,6	19	125	2268,2	OK	<b>19-125</b>
		Mux (atas)	453,65	16	300	670,21	OK	<b>16-300</b>
		Muy (bawah)	1715,9	19	125	2268,2	OK	<b>19-125</b>
		Muy (atas)	453,65	16	300	670,21	OK	<b>16-300</b>
PC3	800	Mux (bawah)	2769,9	19	100	2835,3	OK	<b>19-100</b>
		Mux (atas)	567,06	16	300	670,21	OK	<b>16-300</b>
		Muy (bawah)	2663,5	19	100	2835,3	OK	<b>19-100</b>
		Muy (atas)	567,06	16	300	670,21	OK	<b>16-300</b>

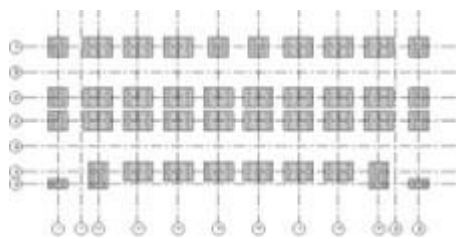
### 3.5. Hasil pemodelan menggunakan Autodesk Revit 2019

Hasil pemodelan 3D pada perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta untuk struktur atas berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dihitung sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Hasil Pemodelan Struktur Atas menggunakan Revit 2019

Sedangkan untuk pemodelan struktur bawah pada perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta menggunakan Revit 2019 berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dihitung sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



**Gambar 12.** Denah Struktur Bawah



**Gambar 13.** Hasil Pemodelan 3D Struktur Bawah

### 3.6. Pehitungan Rencanan Anggaran Biaya (RAB)

Cakupan jenis pekerjaan yang dilampirkan dalam perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta ini ini adalah pekerjaan persiapan yang meliputi pekerjaan pembersihan dan perataan, pengukuran dan pemasangan bouwplank, pengadaaan direksi keet, papan nama proyek, pagar proyek, air kerja dan listrik kerja. Kemudian pekerjaan struktur bawah meliputi pekerjaan pondasi tiang pancang, pekerjaan *pile cap*, dan pekerjaan *tie beam* serta 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 Revit dan Harga Satuan Pekerjaan didapatkan dengan merujuk pada Analisa Harga Satuan pekerjaan (AHSP) yang sudah dihitung dengan mempertimbangkan harga setiap sumber daya daerah Kota Surakarta. Rekapitulasi perhitungan RAB dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Rekapitulasi RAB

No.	Uraian Pekerjaan	Rekap Biaya
I	Pekerjaan Persiapan	Rp 202.741.270
II	Pekerjaan Struktur Bawah	Rp 873.922.121
III	Pekerjaan Struktur Atas	Rp 4.743.326.455
	<b>Jumlah</b>	Rp 5.819.989.846
	<b>PPN 11%</b>	Rp 640.198.883
	<b>Total</b>	Rp 6.460.188.729
	<b>Dibulatkan</b>	Rp 6.460.188.000

### 3.7. Penjadwalan menggunakan Microsoft Project 2013

Perencanaan jadwal pelaksanaan pekerjaan struktur pada Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta didasarkan pada volume yang didapatkan dari *output* pemodelan pada Revit sehingga didapatkan bobot setiap pekerjaan yang kemudian digunakan untuk menentukan durasi setiap item pekerjaan. Hasil perencanaan penjadwalan dengan menggunakan *Microsoft Project 2013* didapatkan estimasi waktu pengerjaan 36 minggu (8 bulan) seperti pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Hasil Penjadwalan menggunakan *Microsoft Project 2013*

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur pada Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil perhitungan dimensi dan tulangan yang dipakai untuk struktur bawah (pondasi tiang pancang, *pile cap*, *tie beam*) dan struktur atas (balok, kolom, pelat) pada perencanaan ini telah dilakukan pengecekan dan dinyatakan layak dan aman juga berdasarkan hasil analisis SAP2000.
2. Perhitungan estimasi biaya atau Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan ini didapatkan hasil total biaya yaitu sebesar Rp 6.460.188.000,-
3. Penjadwalan pelaksanaan pekerjaan yang dibuat dengan menggunakan *Microsoft project* direncanakan dilaksanakan dalam kurun waktu 36 minggu atau 8 bulan masa pengerjaan.

## Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada pihak proyek pembangunan Rumah Susun Kementerian Sosial BBRSPDF Kota Surakarta 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 gedung 20 lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220-229.
- Apriansyah, R. (2021). Implementasi Konsep Building Information Modelling (BIM) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural.
- Arifah, A. G., Akbar, M. R., & AFFANDHIE, R. B. A. (2017). Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Teknik di Malang dengan Metode Sistem rangka Pemikul Momen Menengah. *Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya*.
- Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

- Hwang, B. G., Zhao, X., & Yang, K. W. (2019). Effect of BIM on rework in construction projects in Singapore: Status quo, magnitude, impact, and strategies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2), 04018125.
- Marizan, Y. (2019). Studi Literatur Tentang Penggunaan Software Autodesk Revit Studi Kasus Perencanaan Puskesmas Sukajadi Kota Prabumulih. *Jurnal Ilmiah Bering's*, 6(01), 15-26.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 22 Tahun 2019. Pedoman Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
- Rafli, 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.
- Setiawan, E. B., & Abma, V. (2021). Penerapan Konsep BIM dari Studi Kasus dan Perspektif Pengguna. *Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021*.
- Susila, H., & Handoyo, S. (2015). Analisis Pengaruh Konflik dalam Pelaksanaan Konstruksi terhadap Kesuksesan Proyek. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(20).