



Perencanaan ulang bangunan gedung dormitory kawasan sains dan teknologi (KST) nuklir Yogyakarta berbasis *building information modelling* (BIM) 5D

Anis Salma Al Fridasari^{a*}, Saka Aditama^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:
ansalmaalf1712@gmail.com

Article history:

Received : 04 June 2024
Accepted : 19 September 2024
Publish : 30 September 2024

Keywords:

Autodesk Revit, Building Information Modelling, Planning, Structure

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a method of processing data during the life cycle of a construction project that uses three-dimensional, real-time, and dynamic building modeling software, thereby creating a complete model related to project data from the planning to the construction phase of the project. In the re-planning of the Yogyakarta Nuclear Science and Technology (KST) Dormitory Building based on Building Information Modeling (BIM) 5D, a special moment resisting frame system (SRPMK) structure was used. The planned building consists of 7 floors, including the lower structure consisting of a 50x50 square pile foundation and five types of pile cap, the upper structure consisting of columns, beams, and floor plates. The quality of concrete in the structure used is $f_c' 40$ Mpa and 35 Mpa with reinforcing steel quality $f_y 420B$. In this planning, 2D and 3D modeling was carried out. Structural analysis was carried out using the SAP2000 application, which was then continued with 2D 3D modeling and Quantity take-off results using Revit and Scheduling using Ms. Projects. The Draft Budget (RAB) results for this planning are Rp. 37,691,368,000.00. The planned duration of work is 26 weeks. The results of the scheduling and RAB are then integrated using the Naviswork software so that the simulation results of the work to be planned can be seen.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

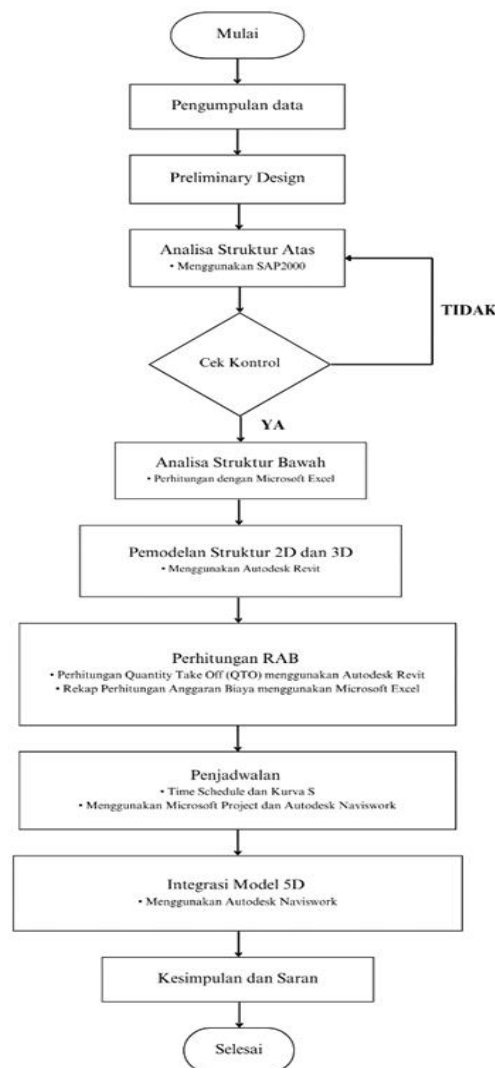
Sebagai negara berkembang, Indonesia optimis untuk maju diberbagai bidang. Hal tersebut juga membuat pembangunan infrastruktur digerakkan dengan cepat. Proyek Konstruksi baik jalan, jembatan maupun gedung bertingkat gencar dilakukan. Akan tetapi, di Indonesia sendiri proyek konstruksi sebagian besar masih menggunakan metode konvensional berupa *software* seperti AutoCAD, Sketchup maupun *Microsoft Excel* (Berlian P. dkk., 2016). Beberapa masalah juga sering timbul akibat penggunaan metode konvensional ini, seperti banyaknya terjadi perubahan baik pada gambar, biaya dan penjadwalan serta sering terjadinya desain gambar yang bertabrakan (Laily dkk., 2021). Hal tersebut mengakibatkan pekerjaan tidak efisien karena akan memakan waktu untuk melakukan perubahan ulang. Oleh sebab itu, untuk mempermudah dan mempercepat suatu proyek konstruksi, para pelaku pada bidang ini bersaing dalam menguasai teknologi modern. Dengan kata lain, karena terjadinya persaingan maka perkembangan juga terjadi dengan kuat (Wibowo, 2021).

Salah satu perkembangan teknologi di bidang konstruksi sendiri yaitu *Building information modelling* (BIM). BIM sendiri sudah banyak digunakan pada konstruksi di Negara maju (Rizky Hutama & Sekarsari, 2019). Melihat beberapa kesuksesan proyek konstruksi dengan menggunakan metode BIM, membuat beberapa kontraktor pada negara berkembang mulai menerapkan BIM pada proyek

konstruksi, namun pada negara berkembang seperti Indonesia masih belum banyak yang menerapkan penggunaan BIM (Nelson & Sekarsari, 2019). Dengan begitu para partisipasi pada dunia konstruksi akan berlomba-lomba untuk menerapkan penggunaan BIM. Konsep BIM sendiri meringkas semua kaitan pada suatu proyek pembangunan menjadi satu (Restu dkk., 2019). Dengan adanya BIM memudahkan konsultan, kontraktor, pengawas, dan owner untuk bertukar informasi secara efektif dikarenakan BIM sendiri mawadahi dari perencanaan hingga *maintenance* bangunan itu sendiri (Dias Afandi, 2022). “Bangunan Gedung Negara (GBN) diatas 2 lantai yang memiliki luas diatas 2000 m2, mulai diterapkan penggunaan BIM sesuai dengan Permen PUPR No. 22 Tahun 2018” (BIM PUPR, 2019). Hal tersebut merupakan bukti pemerintah juga mendorong adanya perkembangan di bidang infrastruktur (Kementrian PUPR, 2018). Dengan demikian pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai Perencanaan Ulang Bangunan Gedung Dormitory Kawasan Sains Dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta *Berbasis Building Information Modelling (BIM) 5D*. Perencanaan ulang yang akan dilakukan meliputi pekerjaan struktur bawah dan struktur bawah hingga dihasilkan *output* berupa perhitungan dan analisa struktur, desain 2D dan 3D, rencana anggaran biaya, dan penjadwalan proyek.

2. Data dan metode

Pada perencanaan Gedung Dormitory Kawasan Sains Dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta Berbasis *Building Information Modelling (BIM) 5D*, menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan yang dilakukan meliputi pekerjaan pondasi, pilecap, kolom, balok, dan plat lantai. Alur dalam perencanaan ditujukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Adapun pedoman atau peraturan SNI yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
- 2) Baja tulangan beton (SNI 2052-2017)
- 3) Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019)
- 4) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
- 5) (SNI 1726-2019)
- 6) Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Gedung (SNI 1727-2020)\

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design

3.1.1. Perhitungan dimensi balok

- 1) Balok induk

Balok bentang 6000 mm, dengan mutu baja BjTS 420B (f_y 420 Mpa), maka:

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq L/12 \\ &\geq 6000/12 \\ &\geq 500 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} \\ b &= 1/2 \times h \\ &= 1/2 \times 500 \\ &= 250 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok yaitu 600 x 450 mm

- 2) Balok anak

Balok bentang 6000 mm, dengan mutu baja BjTS 420B (f_y 420 Mpa), maka :

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq L/16 \\ &\geq 6000/16 \\ &\geq 375 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm} \\ b &= 1/2 \times h \\ &= 1/2 \times 450 \\ &= 225 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi balok yaitu 400 x 250 mm. Adapun perhitungan *preliminary* balok disajikan pada rekapitulasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel rekapitulasi *preliminary design* balok

No	Tipe	Bentang (mm)	Tinggi min. (mm)	Tinggi (mm)	Lebar min. (mm)	Lebar (mm)
1	B1	3000	250	450	125	350
2	B1K	1500	187,5	450	93,75	350
3	B2	6000	375	400	225	250
4	B3	6000	500	500	250	350
5	B4	6000	500	600	250	450
6	B5	2000	166,67	225	83,333	200

3.1.2. Perhitungan dimensi kolom

Hasil rekapitulasi perhitungan *preliminary* perhitungan dimensi balok disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Reakpitulasi *preliminary design* balok

No.	Tipe	Bentang Balok (mm)	Tinggi Kolom (mm)	h balok (mm)	b balok (mm)	h kolom min. (mm)	h kolom (mm)	b kolom (mm)
1	K1	3000	6000	4860	600	450	448,6046	700
2	K1	1500	6000	3600	600	450	416,1791	700
3	K2	6000	6000	3600	600	450	416,1791	650

3.1.3. Perhitungan plat lantai

Hasil rekapitulasi perhitungan *preliminary* plat lantai disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi *preliminary design* plat lantai

No.	Tipe	Bentang Lx (mm)	Bentang Ly (mm)	Tebal Pelat (mm)
1	S1	3000	6000	120
2	S1	2000	6000	120
3	S2	1500	6000	180
4	S3	3000	6000	130
5	S4	6000	6000	220

3.2. Analisis struktur

Analisis Struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta menggunakan *software* SAP2000. Dalam melakukan analisis dilakukan beberapa tahap pengecekan untuk memastikan bahwa dimensi struktur yang direncanakan dalam keadaan aman dan tidak mengalami *overstressed*, diantaranya sebagai berikut :

3.2.1. Analisis spektrum respons ragam

Analisis jumlah ragam harus dilakukan untuk mengidentifikasi jumlah ragam getaran alami pada struktur dengan massa ragam diatas 90% sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1. Tabel 4 merupakan kontrol analisis spektrum respons ragam pada gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta yang sudah mencapai lebih dari 90% pada arah x dan arah y.

Tabel 4. Modal partisipasi massa rasio

Step Num	Period	Sum UX	Sum UY
Unitless	Sec	Unitless	Unitless
1	1,473648	0,8104	0,000096
2	1,426726	0,8105	0,81359
3	1,413516	0,8105	0,8136
4	0,45541	0,91893	0,81361
5	0,442367	0,91894	0,92143
6	0,434837	0,91894	0,92143
7	0,28209	0,91894	0,92143
8	0,282089	0,91894	0,92143
9	0,276826	0,91894	0,92143
10	0,276818	0,91894	0,92143
11	0,24433	0,959	0,92143
12	0,236623	0,959	0,96173

3.2.2. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

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. Jika kurang dari 100% maka dikalikan dengan V/V_t sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4.1, hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Base Shear	Dinamik (VD)	Statik (VS)	Faktor skala	Kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	VS/VD	(VD) \geq 100% VS
Arah X	18430,02	13666,58	0,741539	OK
Arah Y	19201,75	13666,58	0,711736	OK

3.2.3. Simpangan antar lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1, Besarnya simpangan antar lantai dapat ditentukan melalui nilai perpindahan elastis dan δ_{xe} yang dikalikan dengan faktor pembesar C_d/I_e . Kemudian dihitung defleksi pusat massa dan dilakukan cek kontrol menggunakan simpangan lantai tingkat izin. Pada SAP2000 didapatkan hasil Simpangan antar lantai Arah X dan Arah Y pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Simpangan antar lantai arah X

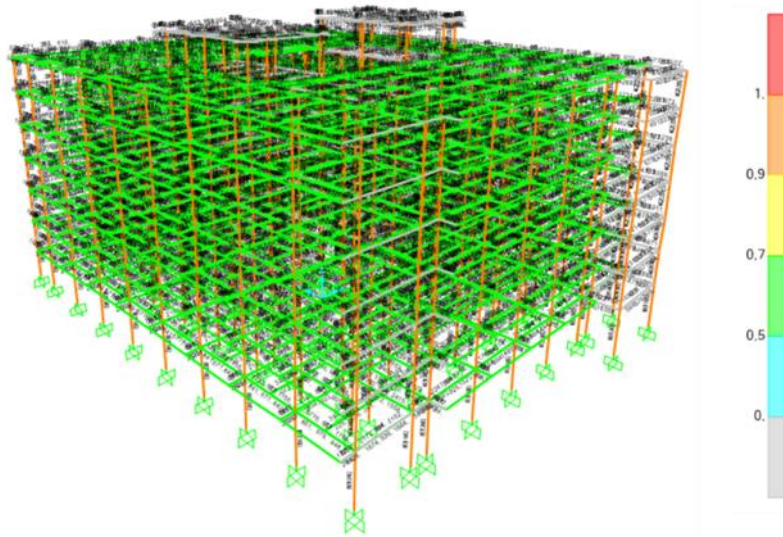
Lantai	Hsx (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3600	0,1102	0,0415	72	OK
LT.7	3600	0,1026	0,0635	72	OK
LT.6	3600	0,0911	0,0860	72	OK
LT.5	3600	0,0754	0,1049	72	OK
LT.4	3600	0,0564	0,1120	72	OK
LT.3	3600	0,0360	0,1091	72	OK
LT.2	4860	0,0162	0,0890	97	OK
Dasar	0	0	0	0	

Tabel 7. Simpangan antar lantai arah Y

Lantai	Hsy (mm)	dy (mm)	Δx (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
ATAP	3600	0,1072	0,0391	72	OK
LT.7	3600	0,1001	0,0608	72	OK
LT.6	3600	0,0890	0,0830	72	OK
LT.5	3600	0,0740	0,1018	72	OK
LT.4	3600	0,0554	0,1090	72	OK
LT.3	3600	0,0356	0,1071	72	OK
LT.2	4860	0,0162	0,0889	97	OK
Dasar	0	0	0	0	

3.2.4. Analisis rasio batang

Pada Kontrol Rasio Batang dilakukan pengecekan terhadap efisiensi penampang dan kecocokan jenis material yang digunakan, dengan hasil menunjukkan kesesuaian antara penampang dan material yang direncanakan tanpa adanya ketidakcocokan. Selanjutnya, pemeriksaan kelayakan struktur juga telah dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada kolom atau balok yang mengalami kelebihan beban (*overstressed*). Hasil analisis rasio batang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambr 2. Hasil kontrol efisiensi penampang

3.3. Perhitungan struktur atas

3.3.1. Penulangan struktur balok

Penulangan struktur balok didasarkan pada hasil *output* gaya momen (M_u) dan gaya geser (V_u) balok di SAP2000, kemudian menghitung A_s perlu dan membandingkan dengan A_s minimum pada komponen struktur berdasarkan SNI 2847-2019 untuk mendapatkan tulangan utama yang dibutuhkan. Sedangkan untuk tulangan geser balok dilakukan perhitungan sengkang yang kemudian digunakan untuk mendapatkan kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan lentur dan geser balok disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Sedangkan contoh detail penulangan struktur balok tipe B2 ditunjukkan pada Gambar 3.

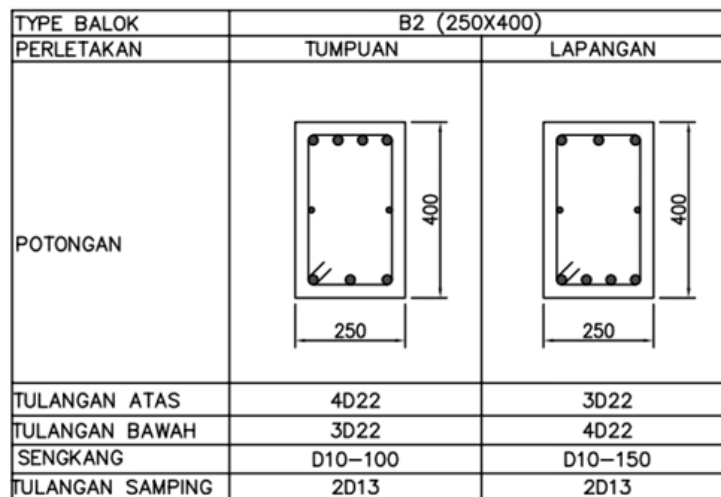
Tabel 8. Rekapitulasi penulangan lentur balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Letak Tulangan	M_u (KNm)	A_s perlu (mm ²)	As min 1	As min 2	A_s terpasang (mm ²)	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	Atas	225,6694	977,132	491,774	465,500	1139,820	3 D 22
			Bawah		465,5			759,880	2 D 22
		Lapangan	Atas		341,946			759,880	2 D 22
			Bawah	102,8996	227,964	491,774	465,500	1139,820	3 D 22
B1K	350 X 450	Tumpuan	Atas	22,1571	83,692	491,774	465,500	759,880	2 D 22
			Bawah		227,964			759,880	2 D 22
		Lapangan	Atas		227,964			759,880	2 D 22
			Bawah	22,1571	83,692	491,774	465,500	759,880	2 D 22
B2	250 X 400	Tumpuan	Atas	47,7063	290,833	307,249	290,833	1519,760	4 D 22
			Bawah		290,833			1139,820	3 D 22
		Lapangan	Atas		455,928			1139,820	3 D 22
			Bawah	23,9468	341,946	307,249	290,833	1519,760	4 D 22
B3	350 X 500	Tumpuan	Atas	306,0862	1192,853	553,400	523,833	1899,700	5 D 22

			Bawah		523,833			1139,820	3 D 22
		Lapangan	Atas		569,91			1139,820	3 D 22
			Bawah	102,6388	341,946	553,400	523,833	1899,700	5 D 22
B4	450 X 600	Tumpuan	Atas	505,8052	1569,925	869,981	823,500	1899,700	5 D 22
			Bawah		823,5			1139,820	3 D 22
		Lapangan	Atas		569,91			1139,820	3 D 22
			Bawah	208,4777	341,946	869,981	823,500	1899,700	5 D 22
B5	200 X 225	Tumpuan	Atas	27,3056	276,737	122,547	116	1139,820	3 D 22
			Bawah		116			759,880	2 D 22
		Lapangan	Atas		341,946			759,880	2 D 22
			Bawah	12,5725	227,964	122,547	116	1139,820	3 D 22

Tabel 9. Rekapitulasi penulangan geser balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Vu (N)	ØVn (N)	Spasi max 1 (mm)	Spasi max 2 (mm)	Spasi max 3 (mm)	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	173300	300598,0177	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	156741	234822,8677	200			2 D10 – 150
B1K	350 X 450	Tumpuan	23189	300598,0177	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	23189	234822,8677	200			2 D10 – 150
B2	250 X 400	Tumpuan	28399	237120,1951	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	23399	179587,5451	200			2 D10 – 150
B3	350 X 500	Tumpuan	168948	338266,9422	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	128623	264249,2922	200			2 D10 – 150
B4	450 X 600	Tumpuan	223107	363701,2388	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	210143	363701,2388	200			2 D10 – 150
B5	200 X 225	Tumpuan	28061	111786,6471	100	132	150	2 D10 – 100
		Lapangan	27341	83102,74706	200			2 D10 – 150



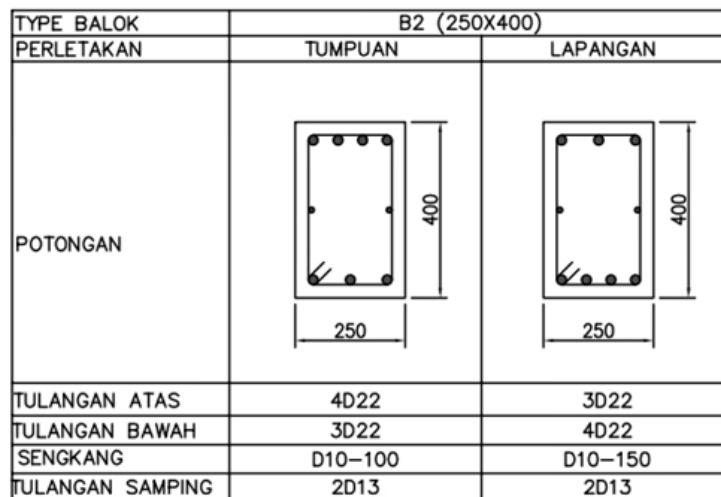
Gambar 3. Detail penulangan balok B2

3.3.2. Penulangan struktur kolom

Penulangan struktur kolom didasarkan pada hasil *output* As perlu kolom di SAP2000, kemudian menghitung As terpasang berdasarkan SNI 2847-2019 untuk mendapatkan tulangan utama yang dibutuhkan. Saedangkan untuk tulangan geser kolom menggunakan Av atau As perlu sengkang yang kemudian digunakan untuk mendapatkan kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan lentur dan geser kolom disajikan pada Tabel 10 dan contoh detail penulangan struktur balok tipe B2 ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 10. Rekapitulasi penulangan geser balok

Tipe	Dimensi (mm)	Daerah	Vu (N)	ϕV_n (N)	Spasi max 1 (mm)	Spasi max 2 (mm)	Spasi max 3 (mm)	Dipasang
B1	350 X 450	Tumpuan	173300	300598,0177	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	156741	234822,8677	200			2 D10 - 150
B1K	350 X 450	Tumpuan	23189	300598,0177	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	23189	234822,8677	200			2 D10 - 150
B2	250 X 400	Tumpuan	28399	237120,1951	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	23399	179587,5451	200			2 D10 - 150
B3	350 X 500	Tumpuan	168948	338266,9422	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	128623	264249,2922	200			2 D10 - 150
B4	450 X 600	Tumpuan	223107	363701,2388	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	210143	363701,2388	200			2 D10 - 150
B5	200 X 225	Tumpuan	28061	111786,6471	100	132	150	2 D10 - 100
		Lapangan	27341	83102,74706	200			2 D10 - 150



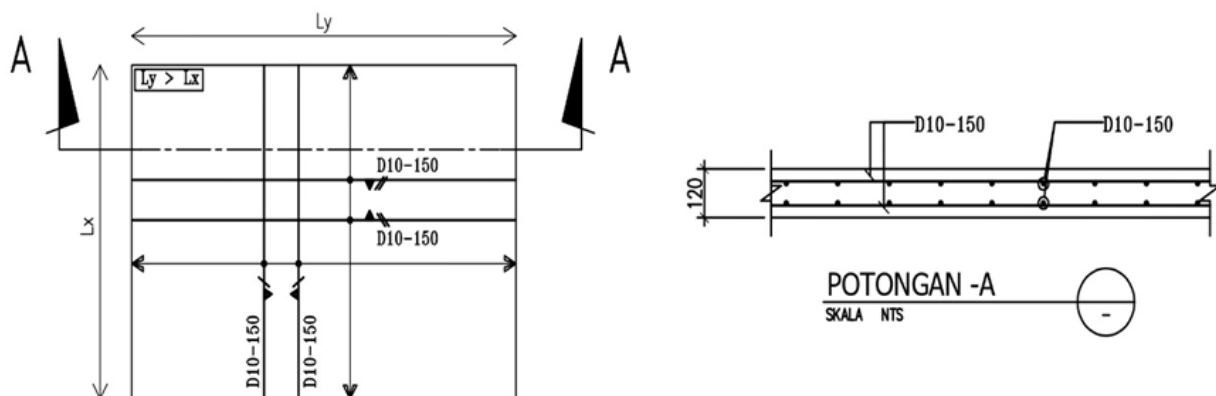
Gambar 4. Detail penulangan balok B2

3.3.3. Penulangan struktur plat

Penulangan struktur balok didasarkan pada hasil *output* gaya momen (M_u) di SAP2000, kemudian menghitung kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan. Adapun hasil rekapitulasi penulangan pelat lantai disajikan pada Tabel 11 dan contoh detail potongan penulangan struktur plat tipe S1 ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 11. Rekapitulasi penulangan plat lantai

Type	Arah	Daerah	Mu (KNm)	As perlu (mm ²)	d' (mm)	Luas (mm ²)	As terpasang (mm ²)	Dipasang
S1	X	Tumpuan	1,625304	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
		Lapangan	1,437591	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	7,244237	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
		Lapangan	2,3234	283,3333333	85	277,06	523,33	D10 - 150
S2	X	Tumpuan	6,491332	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
		Lapangan	6,260095	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	8,074481	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
		Lapangan	5,190892	483,3333333	145	162,41	523,33	D10 - 150
S3	X	Tumpuan	3,536278	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
		Lapangan	1,735535	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
	Y	Tumpuan	5,71758	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
		Lapangan	2,420603	316,6666667	95	247,89	523,33	D10 - 150
S4	X	Tumpuan	130,2336	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
		Lapangan	124,032	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
	Y	Tumpuan	396,9024	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150
		Lapangan	347,2896	611,6666667	184	216,89	884,43	D13 - 150



Gambar 5. Detail dan potongan penulangan plat lantai S1

3.4. Perhitungan struktur bawah

3.4.1. Perhitungan tiang pancang

Perhitungan tiang pancang menggunakan hasil *output* Gaya Aksial (Pu) dari kolom dari SAP2000, data hasil sondir untuk mengetahui daya dukung pancang, dan dimensi tiang pancang. Dari hasil perhitungan didapat kebutuhan jumlah titik pancang dan efisiensi pondasi tiang pancang.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 216 \text{ Ton} \\
 W &= V_d \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 1050000 \times 0,0024 \\
 &= 2520 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{nett}} &= Q_u - W \\
 &= 216000 - 2520
 \end{aligned}$$

$$= 213480 \text{ Kg} = 213,48 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} n &= P / Q_{\text{nett}} \\ &= 308,9853572 / 213,48 \\ &= 1,4473737 \approx 4 \text{ titik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-n)n}{90 \times m \times n} \\ &= 1 - \frac{21,8014 (2-1)2 + (2-1)2}{90 \times m \times n} \\ &= 0,87888 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{izin}} &= n \cdot \text{Eff} \cdot Q_{\text{nett}} \\ &= 4 \cdot 0,87888 \cdot 213,6 \\ &= 750,9159 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka, direncanakan 4 titik pondasi *precast square pile* 50x50 pada pilecap tipe PC2. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan kebutuhan dan efisiensi tiang pancang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi kebutuhan tiang pancang dan *pilecap*

Tipe	Tebal (mm)	Pu (Ton)	Qu (Ton)	Q nett (Ton)	n (titik)	Eff	Q izin (Ton)
PC1	1200	248,5394148	216	213,48	5	0,918317166	980,21
PC2	1000	308,9853572	216	213,48	4	0,878881058	750,49
PC3	1600	33,92340507	216	213,48	10	0,915354203	1954,10
PC4	1600	68,7186988	216	213,48	8	0,916465314	1565,18
PC5	1000	36,77896804	216	213,48	3	0,994444444	636,88

3.4.2. Perhitungan *pilecap*

Perhitungan *pilecap* menggunakan hasil *output* Gaya Aksial (Pu) dari kolom dari SAP2000, perhitungan momen dan geser, serta berat *poer* itu sendiri. Dari hasil perhitungan didapat As perlu yang kemudian digunakan dalam merencanakan penulangan pada *pilecap*.

$$\begin{aligned} q' &= \gamma \cdot d \cdot t \\ &= 2400 \cdot 2,75 \cdot 1 \\ &= 6600 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \left(\frac{P_u}{n_s} \times s \right) - 0,5 \cdot q' \cdot B^2 \\ &= 2 \left(\frac{308,985}{4} \times 125 \right) - 0,5 \cdot 6600 \cdot 1,025^2 \\ &= 15844,52233 \text{ kgm} = 158,4452233 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{158,4452233 \times 10^6}{0,9 \times 2750 \times 878^2} \\ &= 0,083045273 \end{aligned}$$

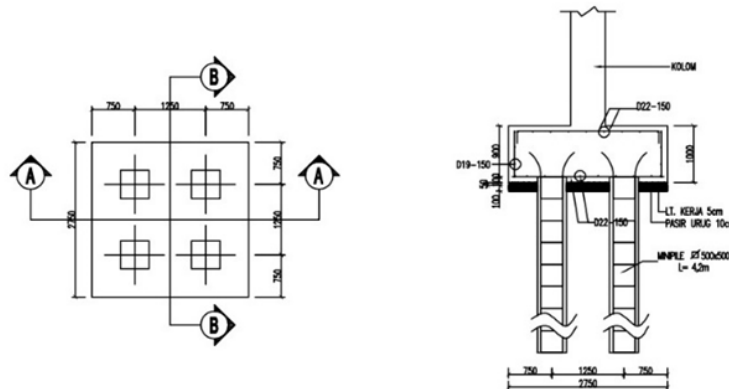
$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{R_n}{f_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2}{0,85} \times \frac{0,083045273}{40}} \right) \\ &= 0,0000990450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \text{ perlu} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0000990450 \cdot 2750 \cdot 878 \\ &= 239,1442581 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan D22 – 150 tulangan atas dan Untuk tulangan bawah di tulangan melintang maupun memanjang. Adapun hasil rekapitulasi perhitungan pilecap dapat dilihat pada Tabel 13 dan contoh detail dan potongan penulangan struktur *pilecap* tipe PC2 ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 13. Rekapitulasi kebutuhan tiang pancang dan *pilecap*

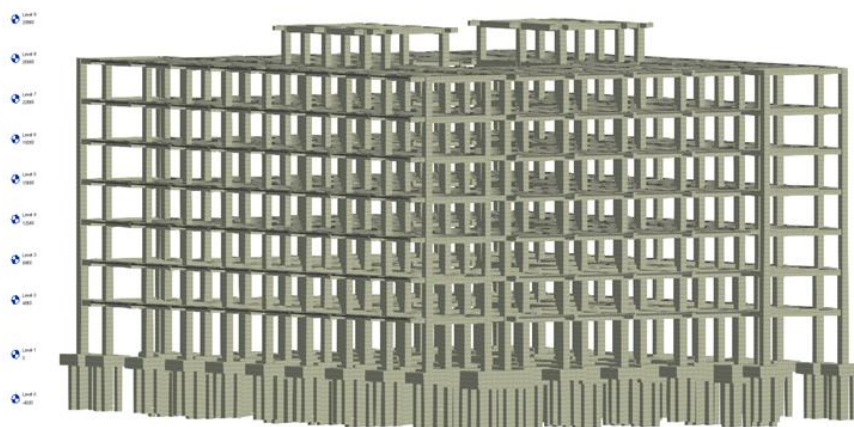
Tipe	Tebal (mm)	Mu (KNm)	ρ perlu	As perlu (mm ²)	d' (mm)	As pakai (mm ²)	Dipasang
PC1	1200	100,0475318	0,0000326	122,8366101	1078	8865,27	D22 – 150
PC2	1000	158,4452233	0,0000990	239,1442581	878	6965,57	D22 – 150
PC3	1600	33,92340507	0,0000075	30,36430372	1478	6965,57	D22 – 150
PC4	1600	68,7186988	0,0000151	61,51775775	1478	6965,57	D22 – 150
PC5	1000	36,77896804	0,0000210	55,43098305	878	7598,80	D22 – 150



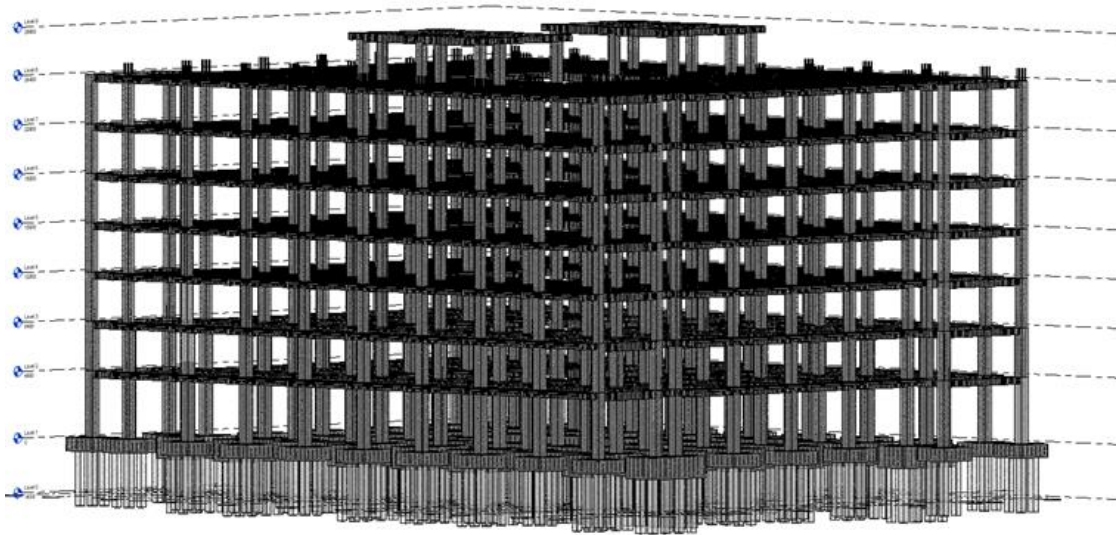
Gambar 6. Detail dan potongan penulangan *pilecap* PC2

3.5. Pemodelan 3D (3 dimensi)

Pemodelan 3D Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Revit. Pemodelan meliputi struktur pondasi, pilecap, kolom, balok, dan pelat lantai yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Pemodelan struktur 3D



Gambar 8. Pemodelan tulangan struktur 3D

3.6. Rancangan anggaran biaya (RAB)

Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dilakukan dengan menggunakan hasil Analisis *Quantity Take Off* dengan bantuan software Revit. Analisa *Quantity Take Off* melakukan perhitungan volume dan jumlah dari setiap komponen yang dapat menjadi acuan dalam perhitungan biaya dan penjadwalan proyek. Hasil rekapitulasi RAB dapat dilihat pada Tabel 14.

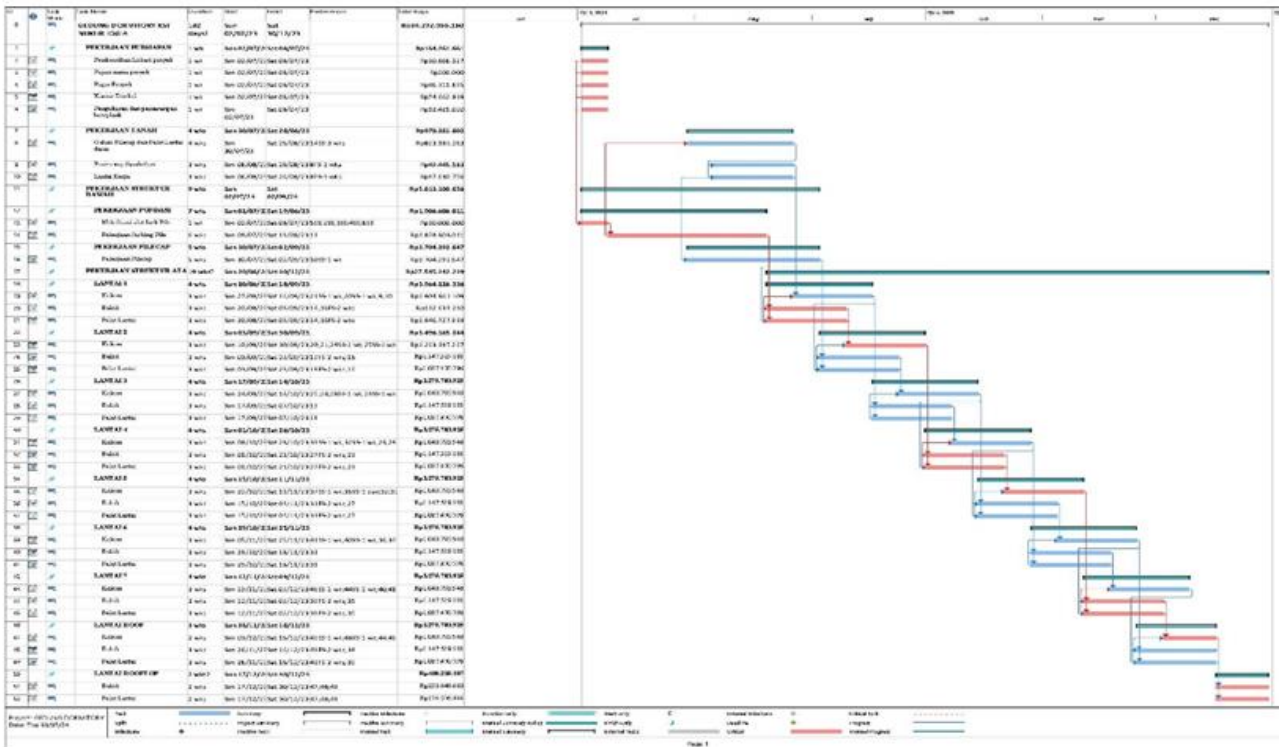
Tabel 14. Rekapitulasi rancangan anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
A	Pekerjaan Persiapan	Rp164.261.661
B	Pekerjaan Tanah	Rp970.261.602
C.	Pekerjaan Struktur Bawah	
C.1	Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang	Rp1.908.808.011
C.2	Pekerjaan <i>Pilecap</i>	Rp3.704.292.647
D.	Pekerjaan Struktur Atas	
D.1	Lantai 1	Rp3.984.228.338
D.2	Lantai 2	Rp3.498.185.243
D.3	Lantai 3	Rp3.275.783.924
D.4	Lantai 4	Rp3.275.783.924
D.5	Lantai 5	Rp3.275.783.924
D.6	Lantai 6	Rp3.275.783.924
D.7	Lantai 7	Rp3.275.783.924
D.8	Lantai Roof	Rp3.275.783.924
D.9	Lantai Rooftop	Rp408.225.107
JUMLAH		Rp34.292.966.154,98
PPN 11%		Rp3.398.402.051,39
TOTAL		Rp37.691.368.206,38
DIBULATKAN		Rp37.691.368.000,00

3.7. Penjadwalan (*time schedule*)

Hasil perhitungan Rancangan Anggaran biaya (RAB) digunakan untuk menentukan penjadwalan proyek menggunakan Microsoft Project seperti pada gambar di bawah ini. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta

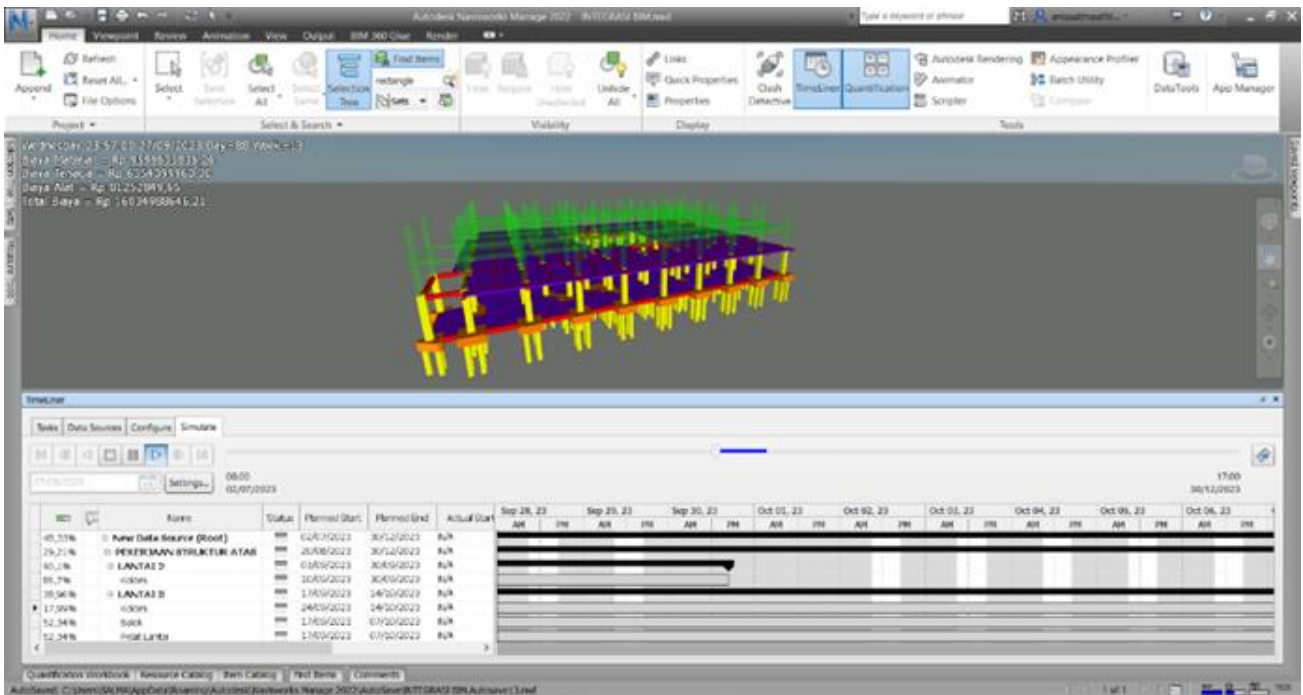
menggunakan Microsoft Project dijadwalkan dengan total durasi 26 minggu pengerjaan. Adapun hasil analisis *time schedule* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Time schedule

3.8. Integrasi naviswork

Gambar 11 merupakan hasil pemodelan 3D, penjadwalan dan RAB kemudian diintegrasikan menggunakan software Naviswork sehingga didapatkan hasil simulasi pekerjaan sesuai dengan penjadwalan dan RAB yang telah direncanakan.



Gambar 11. Integrasi BIM dengan naviswork

4. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada perencanaan ulang yang dilakukan terdapat perubahan pada struktur bangunan yaitu dimensi dan penulangan pada *Pilecap*, Kolom, Blok, dan Plat lantai dikarenakan faktor pembebanan dan efisiensi luas penampang yang berbeda.
- 2) Hasil Rancangan Anggaran Biaya pada perencanaan struktur sebesar Rp. 37.691.368.000,00 (termasuk PPN 11%).
- 3) Durasi pembangunan direncanakan selama 26 minggu dimulai pada tanggal 02 Juli 2023 dan selesai pada tanggal 30 Desember 2023.

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada semua pihak proyek pembangunan Gedung Dormitory Kawasan Sains dan Teknologi (KST) Nuklir Yogyakarta yang telah memberikan data yang dibutuhkan serta semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyusunan perencanaan ulang bangunan ini.

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-gedung.
- Berlian P., C. A., 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. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- BIM PUPR. (2019, Juli 31). Implementasi BIM di Indonesia untuk Proyek Bangunan Gedung. BIM PUPR. <http://bim.pu.go.id/berita/baca/42/implementasi-bim-di-indonesia-untuk-proyek-bangunan-gedung.html>
- Dias Afandi, D. (2022). Penerapan Building Information Modelling (BIM) Untuk Estimasi Biaya Pekerjaan Rangka Atap Baja Ringan. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/38703>
- Kementrian PUPR. (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 Tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara. Dalam *JDIH Kementrian PUPR*.
- Laily, F. N., Husni, H. R., & Bayzoni. (2021). Perbandingan Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Revit 2019 Terhadap Perhitungan BoQ dengan Menggunakan Metode Konvensional pada Pekerjaan Struktur (Studi Kasus: Gedung G Fakultas Pertanian Universitas Lampung). *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 25(2), 27–31. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v25i2.30>
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241–248.
- PPIUG, 1983
- Restu, F., Rohman, M. A., Manajemen, D., Fakultas, T., Dan, B., & Teknologi, M. (2019). Klasifikasi Faktor-Faktor Penghambat Dan Pendorong Adopsi Building Information Modelling (BIM) Di Indonesia.
- Rizky Hutama, H., & Sekarsari, J. (2019). Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling dalam Proyek Konstruksi. *J.Infras*, 4(1), 25–31.
- Wibowo, A. (2021). Evaluasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia. <http://repository.unissula.ac.id/22223/11/20201800050%20fulltext.pdf>.