



Re-design struktur gedung head office awann group berdasarkan integrasi BIM autodesk melalui revit, naviswork, dan SAP2000

Adam Rizky Christiandava^{a*}, Adelia Azzahra^b, Asri Nurdiana^c, Bambang Setiabudi^d

^{a*, b, c, d} Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:
adamrizky070101@gmail.com

Article history:

Received : 30 May 2023
Revised : 11 June 2023
Accepted : 14 June 2023
Publish : 21 June 2023

Keywords:

BIM, design, revit

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM), implementation is an innovative advancement in the construction industry. Generally, developing a construction project requires several phases in which information is created manually using a lot of software. Unfortunately, the steps that must be completed in conventional software for project management are inefficient and susceptible to misinterpretation, which frequently causes issues. Therefore, this study focuses on re-planning the Awann Group Semarang Head Office Building using BIM integration based on Autodesk Revit, Naviswork, and SAP 2000 planning software. Re-planning is conducted under SNI 2847-2019 for structural concrete planning requirements, SNI 1727-2020 for minimum load review, and SNI 1726-2019 for structural earthquake resistance standards. This plan produces structural analysis for calculating the feasibility of a building structure, 3D designs from Revit software that can generate 2D designs for Detail Engineering Designs, and work volumes for RAB calculations. Then, for scheduling, Revit will be integrated with Naviswork, which can display scheduling with 3D visualization. The re-planning of the Head office of the Awan Group Semarang resulted in a budget plan of Rp. 4,661,246,792.98 was calculated using the automatic Quantity Take Off from Autodesk Revit and scheduling planning using Microsoft Project and Autodesk Naviswork for ten months of work.

Copyright © 2023 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Bidang konstruksi adalah salah satu poin penting yang mencerminkan kesejahteraan negara (Olanrewaju et al., 2022). Seperti di negara-negara berkembang, sektor konstruksi telah mengalami perubahan yang cepat untuk memenuhi target ekonomi negara (Mousa, 2015). Sementara itu, proyek pembangunan biasanya dihadapkan pada berbagai kendala seperti keterlambatan jadwal proyek, pembengkakan anggaran, kualitas yang tidak sesuai, hingga proyek yang tidak selesai (Ernest Kissi, Emmanuel Bannor Boateng dan Theophilus Adjei-Kumi, 2015).

Implementasi BIM atau *Building Information modeling* merupakan kemajuan teknologi utama di bidang konstruksi (Phang, Chen dan Tiong, 2019). Pembangunan konstruksi pada umumnya memerlukan beberapa tahapan untuk membuat informasi secara manual dengan menggunakan banyak perangkat lunak oleh beberapa bidang konstruksi yang berbeda. Sayangnya tahapan yang harus dilalui dalam pengerjaan proyek secara konvensional melalui beberapa *software* sangat tidak efisien dan memiliki kesempatan untuk salah tafsir yang sering menyebabkan masalah.

Salah satu bagian yang paling efisien dari BIM adalah hanya memasukkan satu informasi proyek karena BIM bersifat digital, sehingga dapat memungkinkan beberapa pengguna untuk mengaksesnya dengan cepat, pasti, dan akurat selama proses proyek (McGraw Hill Construction, 2015). Karena BIM mampu membuat, menyimpan, dan berbagi informasi yang memiliki dampak efisien pada keseluruhan

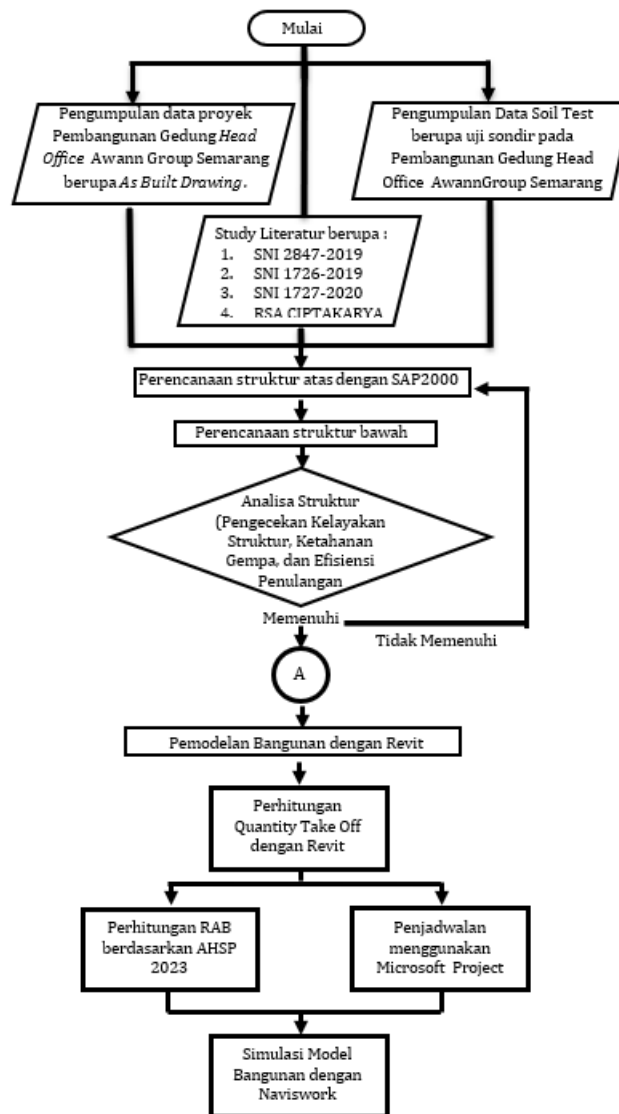
proses konstruksi. Mengintegrasikan data menggunakan BIM dengan perencanaan desain, sumber daya, dan struktural dapat mengurangi kesalahan dan meningkatkan manajemen risiko yang mempengaruhi penghematan biaya produksi (Oraee et al., 2019).

Namun pada kenyataannya, penerapan BIM belum mampu mencapai potensi maksimalnya karena banyak kendala dalam proses pelaksanaannya (Olanrewaju, Ajiboye Babarinde dan Salihu, 2020). Bahkan, penerapan BIM dianggap sebagai proses yang menantang karena terdapat beberapa tingkatan tahapan, antara lain tahap konvensional, tahap pemodelan berbasis desain, tahap pemodelan berbasis kolaborasi, tahap pemodelan berbasis integrasi (Othman et al., 2021). Penelitian ini berfokus pada proses perencanaan ulang Gedung *Head Office* Awann Group Semarang menggunakan integrasi BIM berbasis Autodesk Revit, Naviswork, dan *Software* perencanaan SAP 2000, dengan tujuan untuk mengetahui keunggulan pengaplikasian BIM pada proyek yang belum menerapkan BIM.

Perencanaan ulang yang dilakukan mengacu pada SNI 2847-2019 mengenai syarat perencanaan beton struktural, SNI 1727-2020 perihal tinjauan beban minimum, dan SNI 1726-2019 untuk standar ketahanan gempa struktur. Peranan pengaplikasian Autodesk Revit pada penelitian ini berfungsi untuk memodelkan desain 3D dimana berdasarkan kebutuhan potongan maupun detailnya dapat sekaligus dijadikan desain 2D sebagai *Detail Engineering Design*, selain itu Revit juga dapat digunakan dalam pengecekan volume kebutuhan pada penampang struktur yang nantinya dapat digunakan sebagai base atau dasar dari perhitungan RAB. Untuk Naviswork memiliki peranan sebagai *software* perencanaan penjadwalan dan pengendalian proyek yang sudah terintegrasi dengan Revit, sehingga setiap progress yang akan dikerjakan setiap minggunya mampu divisualisasikan dari hasil desain Revit. Dan untuk SAP2000 memiliki peranan dalam menganalisa data struktur yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan kelayakan sebuah struktur bangunan gedung.

2. Data dan metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur Gedung Head Office Awann Grup Semarang ini secara garis besar sesuai dengan diagram alir yang mana melalui 8 fase utama yaitu Perhitungan struktur atas menggunakan SAP 2000, Perhitungan perencanaan struktur bawah, pemodelan 3D bangunan Analisa Struktur, Permodelan DED, Perhitungan Volume RAB, Manajemen Penjadwalan Proyek dan RKS. Berikut dapat dilihat diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary design

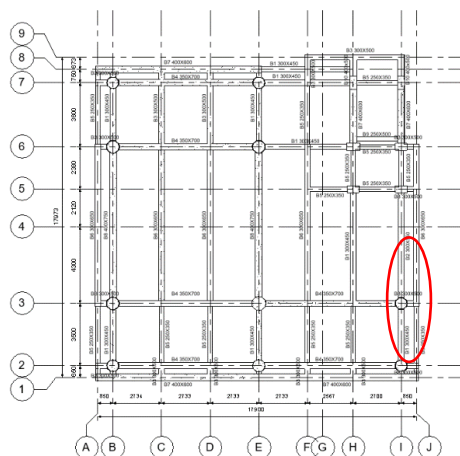
3.1.1. Hasil perhitungan dimensi balok

Berikut merupakan contoh perhitungan preliminary balok yang digunakan pada perencanaan kali ini :

- Data-data perencanaan balok induk 1 :

Tipe Balok	= B2
Bentang Balok	= 6420 mm
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	= 392
Mutu Beton (f'_c)	= 30

- Gambar denah perencanaan untuk perhitungan balok dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Denah balok

- Perhitungan perencanaan :

$$h = \frac{L}{12}$$

$$h = \frac{6420}{12}$$

$$h = 535 \text{ mm} \cong 550 \text{ mm}$$

$$b = \frac{h}{2} = \frac{550}{2}$$

$$b = 275 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}$$

Maka didapatkan hasil rencana balok induk **B2** dengan dimensi **300x550**. Berikut merupakan rekap hasil *preliminary* balok induk lantai 1 sampai dengan lantai 6 dalam perencanaan ulang bangunan gedung *Head Office* Awann Group dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi *preliminary* balok

No	As Balok	Bentang	Dimensi		Tipe Balok Realisasi
			Tinggi Kebutuhan	Lebar Kebutuhan	
a	b	j	c	d = c/12	g = Pembulatan e
1	As B,E,I 2-3	3500	291,67	145,83	B1 300x450
2	As B,E 3-6	8800	733,33	366,67	B8 400x750
3	I 3-5	3600	300,00	150,00	B1 300x450
4	As I 3-5	6420	535,00	267,50	B2 300x550
5	As H 3-5	6420	401,25	200,63	B1 300x450
6	As H,I 5-6	2380	198,33	99,17	B5 250x350
7	As B,E 6-7	5023	418,58	209,29	B1 300x450
8	As H,I 6-7	5023	418,58	209,29	B7 400x500
9	As 2,3,6,7 B-E	8200	683,33	341,67	B4 350x700
10	As 2,3 E-I	8000	666,67	333,33	B4 350x700
11	As 6,7 E-H	5300	441,67	220,83	B1 300x450
12	As 6,7 H-I	2380	198,33	99,17	B5 250x350
13	As 5 H-I	2380	198,33	99,17	B5 250x350
14	As H,I 6-7	5023	418,58	209,29	B10 400x500

Setelah mendapatkan hasil perhitungan preliminary lalu dilanjutkan dengan pengecekan sesuai dengan Syarat Tinggi dan Lebar efektif menurut SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

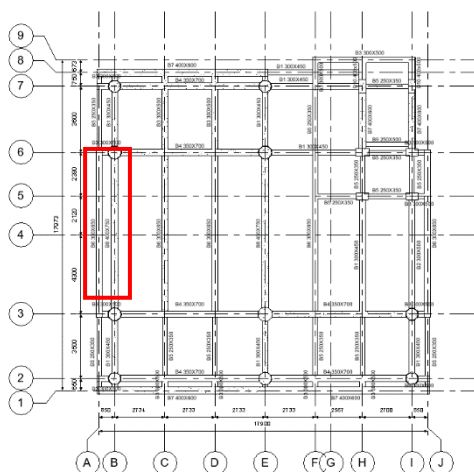
Tabel 2. Pengecekan syarat dan lebar balok

No	Tipe Balok Realisasi	Ln	d'	d	Syarat Tinggi Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1	Syarat Lebar Efektif Balok SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1
a	g = Pembrek e	k=c-f/2-g/2	l	m	o	p
1	B1 300x450	3125,00	49,50	400,50	OK	OK
2	B8 400x750	8225,00	49,50	700,50	OK	OK
3	B1 300x450	3225,00	49,50	400,50	OK	OK
4	B2 300x550	5995,00	48,00	502,00	OK	OK
5	B1 300x450	6045,00	48,00	302,00	OK	OK
6	B5 250x350	2080,00	49,50	400,50	OK	OK
7	B1 300x450	4648,00	49,50	400,50	OK	OK
8	B7 400x500	4648,00	51,00	649,00	OK	OK
9	B4 350x700	7675,00	51,00	649,00	OK	OK
10	B4 350x700	7475,00	49,50	400,50	OK	OK
11	B1 300x450	4925,00	48,00	302,00	OK	OK
12	B5 250x350	2080,00	48,00	302,00	OK	OK
13	B5 250x350	2080,00	49,50	450,50	OK	OK
14	B10 400x500	4573,00	49,50	450,50	OK	OK

Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk seluruh tipe balok yang direncanakan pada Gedung *Head Office* Awann Group Semarang ini telah memenuhi syarat tinggi dan lebar efektif balok berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1.

3.1.2. Hasil perhitungan dimensi pelat

Tebal pelat satu arah ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1. Pelat yang akan direncanakan yaitu pelat S1 dengan ukuran 2,734 m x 8,8 m seperti pada Gambar 3.



Gambar 1. Denah balok untuk perencanaan pelat satu arah

Pelat S1 didefinisikan sebagai pelat satu arah karena $L_x < 0,4 L_y$ atau $L_y/L_x > 2$, seperti pada penjabaran di bawah ini:

- $L_x = 2,734$ m
- $L_y = 8,8$ m
- $L_x < 0,4 L_y = 2,734 < 0,4 \times 8,8 = 2,734 < 3,52$

- $L_y/L_x > 2 = 8,8/2,734 > 2 = 3,218 > 2$

Ketebalan pelat satu solid dengan kedua ujung menerus yang diatur pada SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1. yaitu :

$$\text{Tebal min} = \frac{L}{2R} = \frac{273}{2R} = 9,76 \text{ cm}$$

Maka dari itu, Tebal pelat S1 minimum yaitu sebesar 9,76 cm sehingga ketebalan pelat yang akan digunakan sebesar 12 cm.

3.1.3. Hasil perhitungan dimensi kolom

Lantai 1-6 (K1) :

- Beban Mati pada 1 Lantai : 30657.50 kg
- Beban Mati pada 6 Lantai : 267539 kg
- Beban Hidup pada 1 Lantai : 7246 kg
- Beban Hidup pada 6 Lantai : 69327 kg
- Beban Mati pada Atap : 14975 kg
- Beban Hidup pada Atap : 2837 kg

Sehingga, beban kombinasi yang terjadi pada kolom K1, antara lain :

$$Dl \text{ Total} = 467539 + 14975 = 282514 \text{ kg}$$

$$LL \text{ Total} = 69327 + 2837 = 72164 \text{ kg}$$

$$Wu = 1.2DL + 1.6LL = 754479,2 \text{ kg}$$

Luas kolom dapat dihitung menggunakan SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.2. , sebagai berikut :

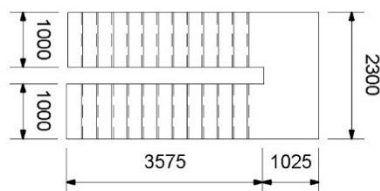
$$A = \frac{Wu}{0,3 \times f_y} = \frac{754479,2}{0,3 \times 400} = 6287,327 \text{ cm}^2$$

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{6287,327}{3,14}} = 50,50 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$

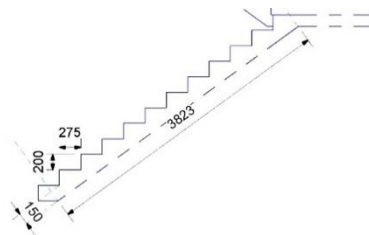
Dimensi kolom K1 yang akan digunakan pada perencanaan ini yaitu sebesar 70 cm.

3.1.4. Hasil perhitungan dimensi tangga

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan hasil denah dan potongan rencana tangga.



Gambar 4. Denah tangga



Gambar 5. Potongan tangga

Data Perencanaan Tangga

- Tinggi Lantai : 480 cm
- Tinggi Injakan (t) : 18,75 cm

- Lebar Injakan (i) : 27,5 cm
- Lebar Tangga : 100 cm
- Tebal Pelat Tangga (tp) : 15 cm
- Jumlah Tanjakan : 24
- Elevasi1 : 240 cm
- Tebal Pelat Bordes : 12 cm
- Lebar Bordes : 102,5 cm
- Panjang Bordes : 230 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 764 cm
- Kemiringan Tangga : $\text{arc tan } \alpha \frac{18,75}{27,5} = 34,29^\circ$
- Tebal Pelat Rata-Rata (t_{pr}) : $\frac{i}{2} \sin \alpha = 7,053 \text{ cm}$
- Tebal Pelat Total : $t_{pr} + t_p = 23 \text{ cm}$

Perencanaan tangga harus memenuhi syarat standard kemiringan tangga dan ukuran dimensi anak tangga, sebagai berikut :

Syarat Kemiringan Tangga

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 34,29^\circ \leq 40^\circ (OK)$$

Syarat Dimensi Anak Tangga

$$60^\circ \leq (2t + i) \leq 65^\circ$$

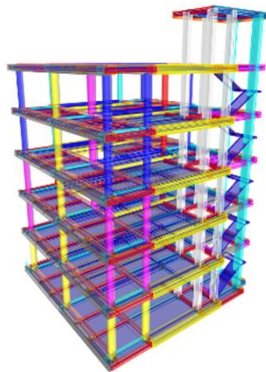
$$60^\circ \leq (2(18,75) + 27,5) \leq 65^\circ$$

$$60^\circ \leq 65 \leq 65^\circ (OK)$$

Maka, dapat disimpulkan untuk perencanaan tangga pada Gedung *Head Office Awann Group* Semarang ini telah memenuhi syarat kemiringan tangga dan syarat dimensi anak tangga berdasarkan SNI 03-1746-2000.

3.2. Hasil pemodelan struktur

Berikut merupakan hasil permodelan struktur Gedung *Head Office Awann Group* Semarang menggunakan SAP2000 yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 2. Permodelan struktur menggunakan SAP2000

3.3. Analisis struktur

Tahap Analisa Struktur yang dilakukan mengalami beberapa langkah pengecekan, diantaranya :

3.3.1. Kontrol analisis beban gempa

Berikut merupakan Kontrol Analisis Beban Gempa Dinamis yang ditinjau berdasarkan beberapa faktor diantaranya :

- a. Analisis Jumlah Ragam atau Partisipasi Massa

Analisis jumlah ragam harus mendapatkan massa ragam x dan y diatas 90% berdasarkan SNI 1726-2019. Berikut merupakan tabel kontrol Analisa jumlah ragam atau partisipasi massa di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah melebihi 90%.

Tabel 3. Modal participating mass ratio

Design Case	Step Type	Step Name	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Time	Time	Time	Sec	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass	Mass
MODAL	Mode	1	0.04332	0.00001913	0.02	0.000004373	0.00001913	0.02	0.000004373	0.27	0.000004017	0.00000443	0.27	0.000004017	0.00000443
MODAL	Mode	2	0.005366	0.01	0.000002505	0.000001408	0.01	0.02	0.000003703	0.000004245	0.29	0.00000772	0.27	0.29	0.00000772
MODAL	Mode	3	0.015117	0.0007341	0.004277	0.000004929	0.02	0.02	0.00001071	0.00001192	0.00003196	0.01	0.27	0.29	0.02
MODAL	Mode	4	0.203168	0.00002725	0.11	0.000000002	0.02	0.03	0.000000051	0.24	0.00001024	0.00000066	0.21	0.29	0.03
MODAL	Mode	5	0.203024	0.11	0.000000009	0.000000000	0.02	0.03	0.000004659	0.000001462	0.23	0.00000444	0.21	0.51	0.03
MODAL	Mode	6	0.263983	0.00001908	0.002773	0.000000552	0.03	0.03	0.000000212	0.000000504	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	7	0.240994	1.213E-06	0.00002502	3.024E-08	0.03	0.03	0.000000213	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	8	0.236563	7.427E-07	0.000000000	0.000000000	0.03	0.03	0.000000213	0.000000000	2.090E-07	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	9	0.236027	4.997E-06	0.00001491	4.013E-08	0.03	0.03	0.000000022	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	10	0.234429	4.700E-06	0.00001975	3.041E-07	0.03	0.03	0.000000213	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	11	0.233401	0.000000000	0.000000000	6.013E-07	0.03	0.03	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03
MODAL	Mode	12	0.102407	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.03	0.03	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.21	0.52	0.03

b. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Analisis perbandingan geser dasar statis dan dinamis harus mendapatkan V Dinamik Geser Dasar > V Statik Geser Dasar maka keadaan dianggap OK atau Memenuhi. Berikut merupakan tabel kontrol Analisa perbandingan geser dasar statis dan dinamis di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah memenuhi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa perbandingan geser statis dan dinamis dari output SAP2000

Base Shear	Dinamik (VD) Geser Dasar (kN)	Statik (VS) Geser Dasar (kN)	Faktor skala VS / VD	kontrol (VD) >= 100% Vs
arah x	553590,07	518425,04	0,936478	OK
arah y	543272,38	518425,04	0,954264	OK

c. Simpang antar lantai

Analisis simpangan antar lantai harus menghasilkan simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin. Berikut merupakan tabel 5 dan tabel 6 hasil kontrol Analisa simpangan antar lantai di Gedung *Head Office* Awann Group Semarang yang sudah memenuhi.

Tabel 5. Simpangan lantai arah x dari output SAP2000

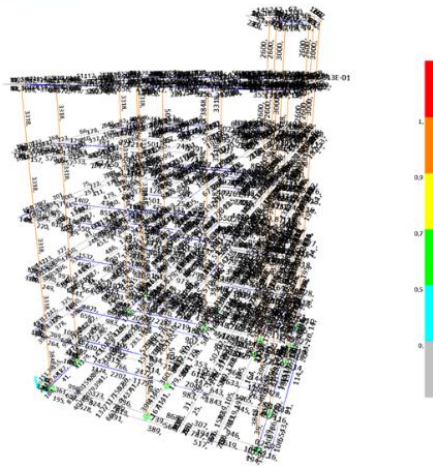
Lantai	Hsx (mm)	Dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δx < Δ ijin
LT. 6	4350	12,5689	7,5238	109	OK
LT. 5	4500	11,2009	12,9932	113	OK
LT. 4	4500	8,8385	16,9440	113	OK
LT. 3	4500	5,7578	18,6913	113	OK
LT. 2	4800	2,3594	12,9767	120	OK
LT. 1	0	0	0	0	

Tabel 6. Simpangan lantai arah y dari output SAP2000

Lantai	Hsx (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol Δy < Δ ijin
LT. 6	4350	14,4863	9,1178	109	OK
LT. 5	4500	12,8285	15,1473	113	OK
LT. 4	4500	10,0745	19,0697	113	OK
LT. 3	4500	6,6073	20,9062	113	OK
LT. 2	4800	2,8061	15,4338	120	OK
LT. 1	0	0	0	0	

3.3.2. Kontrol analisis ratio batang

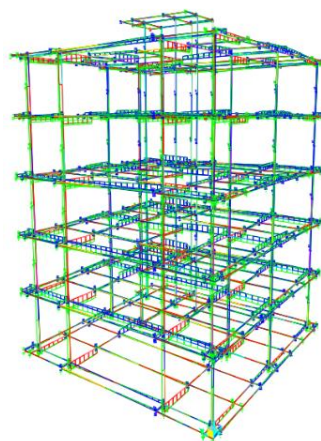
Dilakukan pengecekan efisiensi penampang, lalu pengecekan kecocokan penggunaan jenis material dengan penampang, dengan hasil penampang dan material yang direncanakan telah sesuai dan tidak terdapat ketidakcocokan. Selanjutnya dilakukan pengecekan kelayakan struktur guna menghindari penampang balok maupun kolom yang mengalami overstressed dan hasilnya yaitu semua penampang rencana baik kolom maupun balok berada dalam keadaan aman dan tidak ada yang mengalami *overstressed*. Dapat dilihat pada Gambar 7 hasil pengecekan seluruh *frame*.



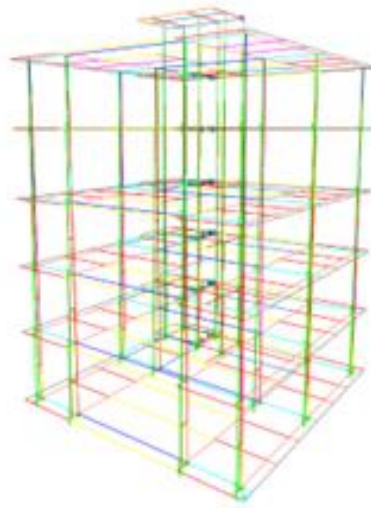
Gambar 3. Hasil control efisiensi penampang

3.3.3. Pengecekan gaya geser, momen, dan gaya aksial

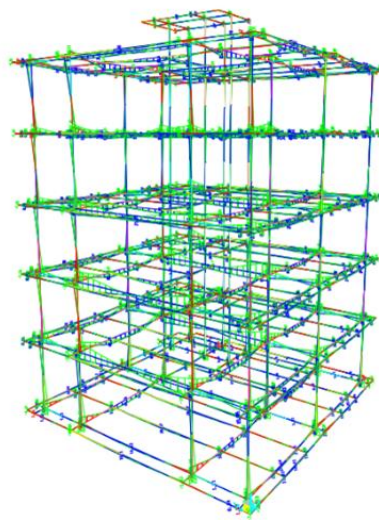
Gaya - gaya dalam yang dihasilkan dari analisis struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang pada program SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10.



Gambar 4. 3D Gaya Lintang



Gambar 5. 3D Gaya Aksial



Gambar 6. 3D Momen

3.4. Perhitungan penulangan struktur

3.4.1. Perhitungan penulangan lentur dan geser balok

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan utama dan Sengkang seluruh penampang balok yang sudah memenuhi syarat gaya aksial dan tinggi efektif menurut SNI 2847:2019. Langkah perhitungan penulangan utama balok dengan mendapatkan nilai A_s perlu dari *output* SAP2000 lalu dibandingkan dengan A_s minimum pada komponen struktur lentur berdasarkan SNI 2847:2019 untuk mendapatkan dimensi serta jumlah tulangan utama yang dibutuhkan. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser balok dengan menggunakan nilai A_v atau A_s perlu sengkang dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)			Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	As Terpasang mm ²	Dipasang
B1	300	x	450	Tumpuan	Atas	1215	420	429	1417,644	5 D 19
					Bawah	580		850,586	3 D 19	
				Lapangan	Atas	487		567,057	2 D 19	
					Bawah	1291	420	429	1417,644	5 D 19
B2	300	x	550	Tumpuan	Atas	537	526	538	603,186	3 D 16
					Bawah	490		603,186	3 D 16	
				Lapangan	Atas	175		402,124	2 D 16	
					Bawah	501	526	538	603,186	3 D 16
B3	300	x	500	Tumpuan	Atas	374	474	484	603,186	3 D 16
					Bawah	235		402,124	2 D 16	
				Lapangan	Atas	216		402,124	2 D 16	
					Bawah	138	474	484	603,186	3 D 16
B4	350	x	700	Tumpuan	Atas	2594	793	811	2660,929	7 D 22
					Bawah	1232		1520,531	4 D 22	
				Lapangan	Atas	770		1140,398	3 D 22	
					Bawah	2267	793	811	2280,796	6 D 22
B5	250	x	350	Tumpuan	Atas	701	264	270	804,248	4 D 16
					Bawah	356		402,124	2 D 16	
				Lapangan	Atas	356		402,124	2 D 16	
					Bawah	220	264	270	804,248	4 D 16
B6	300	x	650	Tumpuan	Atas	564	629	643	850,586	3 D 19
					Bawah	607		850,586	3 D 19	
				Lapangan	Atas	206		567,057	2 D 19	
					Bawah	651	629	643	850,586	3 D 19
B7	400	x	600	Tumpuan	Atas	739	769	786	850,586	3 D 19
					Bawah	739		850,586	3 D 19	
				Lapangan	Atas	1018		1134,115	4 D 19	
					Bawah	596	769	786	850,586	3 D 19

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)			Daerah	Av Perlu	Ø mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang		
B1	300	x	450	Tumpuan	1,75	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	0,97	10	200	200	2	D	10 - 200	
B2	300	x	550	Tumpuan	0,69	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	0,56	10	200	200	2	D	10 - 200	
B3	300	x	500	Tumpuan	1,75	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,72	10	200	200	2	D	10 - 200	
B11	400	x	700	Tumpuan	1,26	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,19	10	200	200	2	D	10 - 200	
B4	350	x	700	Tumpuan	2,62	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	2,59	10	200	200	2	D	10 - 200	
B5	250	x	350	Tumpuan	1,55	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,55	10	200	200	2	D	10 - 200	
B6	300	x	650	Tumpuan	1,31	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,22	10	200	200	2	D	10 - 200	
B7	400	x	600	Tumpuan	1,85	10	100	114	100	2	D	10 - 100
				Lapangan	1,68	10	200	200	2	D	10 - 200	

3.4.2. Perhitungan penulangan lentur dan geser kolom

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan utama dan Sengkang seluruh penampang kolom yang ada di perencanaan Gedung Head Office Awann Group Semarang yang sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2847:2019. Langkah perhitungan penulangan utama kolom dengan mendapatkan nilai As perlu dari *output* SAP2000 untuk menghitung dimensi serta jumlah tulangan utama yang dibutuhkan dengan membandingkan As perlu dan As terpasang. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser kolom juga dengan menggunakan nilai Av atau As perlu sengkang dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur kolom

Nama	Ukuran Kolom	As perlu mm ²	Ø mm	Luas mm ²	Jumlah	As Terpasang mm ²	Syarat As Terpasang >= As perlu	Dipasang
K1A	700	3848	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K1B	650	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K1C	600	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K2A	800	5027	22	380,133	15	5702	OK	15 D 22
K2B	750	4418	22	380,133	13	4942	OK	13 D 22
K2C	700	3848	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22

K2D	650	3318	22	380,133	12	4562	OK	12 D 22
K3	40 X 65	2600	22	380,133	10	3801	OK	10 D 22
K4	40 X 75	3000	22	380,133	10	3801	OK	10 D 22

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan tulangan geser kolom

Nama	Ukuran Kolom	Av / Sperlu mm ² / mm	Ø mm	Luas mm ²	S perlu mm	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 mm	S pakai mm	Dipasang
K1A	700	1	13	398	0,00	132	150	150	3 D 13 - 150
K1B	650	1	13	398	395,43	132	150	150	3 D 13 - 150
K1C	600	1,495	13	398	266,35	132	150	150	3 D 13 - 150
K2A	800	2,428	13	398	164,00	132	150	150	3 D 13 - 150
K2B	750	0,354	13	398	1124,85	132	150	150	3 D 13 - 150
K2C	700	2	13	398	197,13	132	150	150	3 D 13 - 150
K2D	650	1	13	398	482,66	132	150	150	3 D 13 - 150
K3	40 X 65	1	13	398	550,76	132	150	150	3 D 13 - 150
K4	40 X 75	1,22	13	398	326,39	132	150	150	3 D 13 - 150

3.4.3. Perhitungan penulangan pelat

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tulangan seluruh penampang pelat yang ada di perencanaan Gedung Head Office Awann Group Semarang yang sudah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 2847:2019. Perhitungan penulangan pelat dengan menggunakan nilai Mu dari hasil SAP2000 untuk menghitung kebutuhan dimensi dan jarak tulangan.

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan tulangan pelat lantai

Tebal Pelat	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	a mm	Di Pasang
150	Tulangan Arah X	Tumpuan	8,32	10	100	130	34,12	12,43	10 - 100
		Lapangan	6,64	10	150	130	23,13	8,28	10 - 150
150	Tulangan Arah Y	Tumpuan	9,42	10	100	130	33,85	14,41	10 - 100
		Lapangan	7,16	10	150	130	23,01	9,61	10 - 150
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	7,19	10	100	100	25,58	14,41	10 - 100
		Lapangan	5,5	10	150	100	17,50	9,61	10 - 150
120	Tulangan Arah Y	Tumpuan	8,12	10	100	100	25,58	14,41	10 - 100
		Lapangan	7,4	10	150	100	17,50	9,61	10 - 150

3.4.4. Perhitungan penulangan *pile cap*

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom. Sedangkan untuk pondasi tiang pancang rencana yang dipakai yaitu dimensi 40 dengan kedalaman 22 m. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan tulangan untuk pile cap. Dengan nilai $V_u = 405,297$.

$$M_u = 2(405,297)(0,6 - (0,7/2)) \\ = 202,648 \text{ KN}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ = \frac{202,648 \times 10^6}{0,9 \times 2.400 \times 911^2} \\ = 0,113$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right] \\ = \frac{0,85 \times 30}{392} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,113}{0,85 \times 30}} \right] \\ = 0,00028315$$

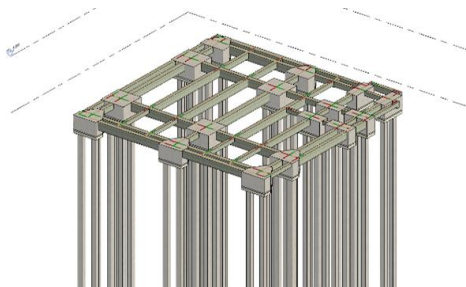
$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d \\ = 0,00028315 \times 2.400 \times 911 \\ = 691,084 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho b d \\ = 0,00028315 \times 2.400 \times 1000 \\ = 679,565 \text{ mm}^2$$

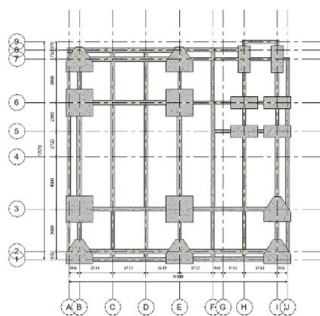
Maka, digunakan tulangan $\varnothing 10 - 200$ tulangan atas dan $\varnothing 19 - 150$ Untuk tulangan bawah di tulangan melintang maupun memanjang.

3.5. Pemodelan bangunan menggunakan revit

Berikut merupakan hasil pemodelan menggunakan Revit untuk struktur bawah gedung *head office* awann group semarang yang sudah sesuai dengan perhitungan struktur yang direncanakan terdiri dari pondasi tiang pancang, *pile cap*, dan *tie biem*.

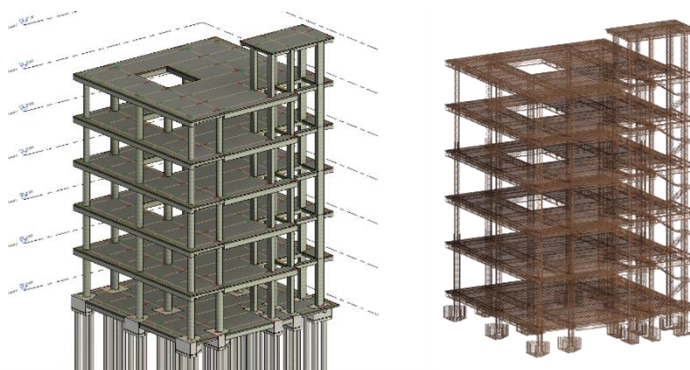


Gambar 7. 3D Struktur bawah dari revit



Gambar 12. Denah struktur bawah dari revit

Selanjutnya di bawah ini juga hasil pemodelan menggunakan Revit untuk struktur atas gedung *head office* awann group semarang yang sudah sesuai dengan hasil perhitungan struktur. Pemodelan struktur atas ini terdiri dari kolom, balok, pelat lantai, dan tangga.



Gambar 8. 3D Struktur atas gedung *Head Office* Awanngroup Semarang

3.6. Hasil quantity take off dari revit

Dari pemodelan menggunakan Autodesk Revit untuk pekerjaan struktur bawah yang terdiri dari pondasi tiang pancang, pile cap, dan Tie beam serta pekerjaan struktur atas yang terdiri dari kolom, balok, pelat lantai, dan tangga akan mendapatkan informasi yang lengkap seperti volume masing-masing pekerjaan secara otomatis. Hal tersebut akan memudahkan perencana untuk mendapatkan *Quantity Take Off*. Berikut merupakan *output Quantity Take Off* dengan software Revit yang digunakan pada perencanaan kali ini yaitu volume kebutuhan beton, tulangan, serta luasan bekisting dari pekerjaan pile cap, tie beam, balok, kolom, pelat lantai, dan tangga.

3.7. Perhitungan RAB

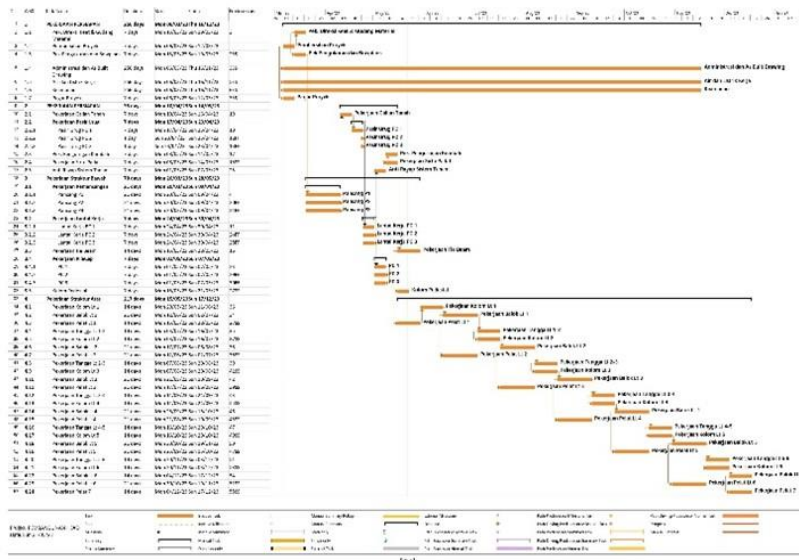
Renana anggaran biaya didapatkan melalui perhitungan volume yang didapatkan dari output *Quantity Take Off* Revit dikalikan dengan nilai Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang telah disusun sesuai dengan wilayah pembangunan. Pada Tabel 12 di bawah ini merupakan rekap rancangan anggaran biaya Gedung *Head Office* Awann Group Semarang.

Tabel 4. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	REKAPITULASI BIAYA
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 82.753.644,03
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 39.688.057,00
III	PEKERJAAN STRUKTUR	Rp 4.076.879.734,09
	JUMLAH	Rp 4.199.321.435,11
	PPN 11%	Rp 461.925.357,86
	TOTAL	Rp 4.661.246.792,98

3.8. Penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*

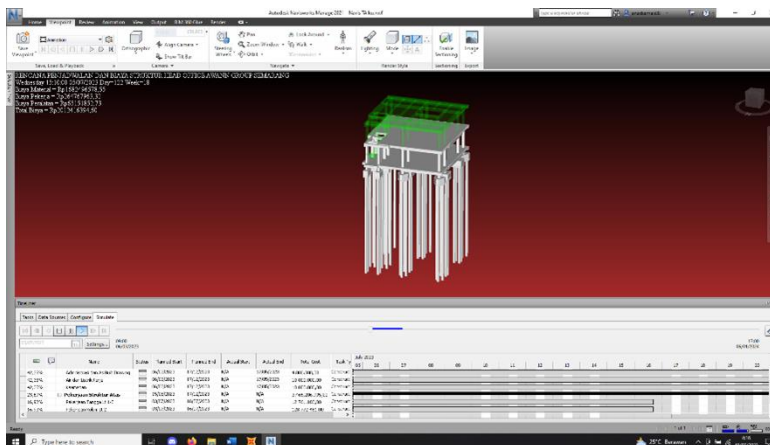
Hasil perhitungan *Quantity Take Off* yang didapatkan dari Revit lalu digunakan untuk menentukan penjadwalan proyek menggunakan *Microsoft Project* seperti pada gambar 14 di bawah ini. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung *Head Office* Awann Group Semarang menggunakan *Microsoft Project* dijadwalkan dengan total durasi 10 bulan pengerjaan.



Gambar 9. Hasi penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*

3.9. Simulasi model bangunan menggunakan Naviswork

Dari hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft project* dapat langsung di integrasikan kedalam software naviswork yang juga telah terintegrasi ke hasil pemodelan 3D Revit. Selanjutnya Naviswork akan dapat mensimulasikan visual progress pekerjaan sesuai dengan penjadwalan yang sudah direncanakan seperti pada Gambar 15.



Gambar 10. Simulasi model bangunan di Naviswork

4. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan perencanaan ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan struktur Gedung *Head Office* Awann Group Semarang ini terdapat beberapa perubahan yaitu:
 - Jumlah lantai direncanakan menjadi 6 lantai dari jumlah awal 5 lantai.
 - Dimensi Penampang struktur berbeda dengan *as built drawing* Gedung *Head Office* Awann Group Semarang. Karena dimensi penampang struktur dihitung *preliminary* ulang sehingga seluruh dimensi serta tipe pondasi, pile cap, Tie Beam, Balok, Kolom, Pelat dan tangga berubah. Perubahan tersebut terjadi dikarenakan faktor pembebanan yang berbeda serta efisiensi luasan ruangan.

2. Seluruh struktur yang direncanakan sudah aman melalui pembebanan serta Analisa struktur menggunakan SAP2000.
3. Perhitungan volume anggaran biaya pembangunan struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang dihitung menggunakan *Quantity Take Off* otomatis dari Autodesk Revit dan didapatkan total biaya sebesar Rp 4.661.246.792,98.
4. Perencanaan penjadwalan pembangunan struktur Gedung Head Office Awann Group Semarang menggunakan *Microsoft Project* dan Autodesk Naviswork dijadwalkan selama 10 bulan pengerjaan.

Ucapan terima kasih

Dalam kesempatan kali ini, penulis berterima kasih kepada CV. AML dan OSARA *Design* karena telah memberikan data *as built drawing*, data tanah serta data teknis bangunan sebagai pendukung dalam perencanaan ulang ini.

Referensi

- Ernest Kissi, Emmanuel Bannor Boateng and Theophilus Adjei-Kumi (2015) 'Strategies for implementing value management in the construction industry of Ghana', 2nd International Conference on Development and Investment in Infrastructure (DII) Conference. Available at: <http://diiconference.org/>.
- McGraw Hill Construction (2015) The Business Value of BIM in China, SmartMarket Report.
- Mousa, A. (2015) 'A Business approach for transformation to sustainable construction: An implementation on a developing country', Resources, Conservation and Recycling, 101, pp. 9–19. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.05.007.
- Olanrewaju, O., Ajiboye Babarinde, S. and Salihu, C. (2020) 'Current State of Building Information Modelling in the Nigerian Construction Industry', Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 27(2), pp. 63–77. doi: 10.5755/j01.sace.27.2.25142.
- Olanrewaju, O. I. et al. (2022) 'Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle', Building and Environment, 207(PB), p. 108556. doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108556.
- Oraee, M. et al. (2019) 'Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model', International Journal of Project Management, 37(6), pp. 839–854. doi: 10.1016/j.ijproman.2019.05.004.
- Othman, I. et al. (2021) 'The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia', Ain Shams Engineering Journal, 12(1), pp. 455–463. doi: 10.1016/j.asej.2020.04.007.
- Phang, T. C. H., Chen, C. and Tiong, R. L. K. (2019) 'New Model for Identifying Critical Success Factors Influencing BIM Adoption New Model for Identifying Critical Success Factors Influencing BIM Adoption from Precast Concrete Manufacturers ' View', (July). doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001773.