

Optimalisasi Proses Konstruksi Gedung Bertingkat dengan *Building Information Modeling* (BIM)

KAMALUDIN*

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: kamal@itenas.ac.id

ABSTRAK

Building Information Modeling (BIM) mewakili konsep revolusioner bagi tenaga ahli yang terlibat dalam sektor konstruksi, menjanjikan integrasi yang lebih baik di antara berbagai pemangku kepentingan dalam sebuah proyek. Integrasi ini bertujuan untuk menciptakan keselarasan dan efisiensi yang lebih besar di dalam proyek konstruksi. Dengan mengadopsi BIM, diharapkan bahwa kekurangan metode konvensional yang sering mengalami kesalahan karena ketidakakuratan dalam perhitungan. Mengingat hal ini, diperlukan untuk menggali lebih dalam implementasi BIM dan untuk menentukan kebutuhan material untuk pekerjaan kolom dan balok dalam struktur bangunan. Perhitungan dilakukan pada proyek akhir arsitektur dengan 2 model struktur. Model pertama dengan jarak antar kolom 4 m dan model kedua dengan jarak antar kolom 8 meter. Dalam kasus ini, model 2 dengan jarak antar kolom yang lebih kecil (4,05 m) ternyata lebih ekonomis dibandingkan dengan model 1 yang memiliki jarak antar kolom yang lebih besar (8,1 m). Meskipun model 2 memerlukan lebih banyak kolom. Komponen struktur terdapat unggul di model pertama dan terdapat juga unggul di model kedua, secara keseluruhan dominan unggul di model yang memiliki antar jarak kolom 4 meter.

Kata kunci: *building information building, optimasi, gedung bertingkat, model struktur*

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) represents a revolutionary concept for professionals involved in the construction sector, promising better integration among various stakeholders in a project. This integration aims to create greater alignment and efficiency within construction projects. By adopting BIM, it is expected to overcome the shortcomings of conventional methods, which often suffer from errors due to inaccuracies in calculations. Considering this, it is necessary to delve deeper into the implementation of BIM and to determine the material requirements for column and beam work in building structures. Calculations were carried out on an architectural final project with 2 structural models. The first model has a distance between columns of 4 meters, and the second model has a distance between columns of 8 meters. In this case, model 2, with a smaller column spacing (4.05 m), turned out to be more economical compared to model 1, which has a larger column spacing (8.1 m), despite model 2 requiring more columns. Structural component advantages are found in the first model and also in the second model, but overall, dominance is seen in the model with a 4-meter column spacing.

Keywords: *building information modeling, optimization, high-rise buildings, structural model*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi dan desain arsitektur yang dinamis, integrasi teknologi dan metodologi inovatif menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan meningkatkan kualitas proyek secara keseluruhan. Di antara kemajuan-kemajuan ini, *Building Information Modeling* (BIM) menonjol sebagai konsep transformatif yang telah merevolusi cara para profesional industri mendekati desain, konstruksi, dan pengelolaan bangunan dan infrastruktur. Inti dari BIM terletak pada kemampuannya untuk menciptakan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu ruang, menyediakan alat komprehensif untuk pengambilan keputusan di seluruh siklus hidup suatu proyek.

Penerapan BIM lebih dari sekadar pemodelan 3D; hal ini mencakup optimalisasi proses dan sumber daya, memfasilitasi lingkungan kolaboratif dimana informasi mengalir dengan lancar di antara seluruh pemangku kepentingan [8] [9] [10]. Pendekatan kolaboratif ini memastikan bahwa semua aspek proyek, mulai dari tahap perencanaan awal hingga konstruksi akhir dan seterusnya, selaras dengan tujuan keseluruhan, sehingga meminimalkan kesalahan, mengurangi limbah, dan meningkatkan keberlanjutan.

Dalam konteks ini, konsep optimalisasi melalui pemanfaatan BIM muncul sebagai area fokus yang penting. Dengan memanfaatkan kekayaan data dan kemampuan analitis yang melekat pada BIM, tim proyek dapat mengidentifikasi solusi optimal untuk tantangan desain yang kompleks, mengalokasikan sumber daya secara efisien, dan mengantisipasi potensi masalah sebelum menjadi masalah yang merugikan. Makalah ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran multifaset BIM dalam optimalisasi, mengkaji bagaimana penerapan strategisnya dapat menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam hasil proyek, kepuasan pemangku kepentingan, dan pembangunan lingkungan binaan yang berkelanjutan. Melalui pemeriksaan mendalam terhadap studi kasus, praktik terbaik, dan tren yang muncul, kami akan mempelajari cara BIM berfungsi sebagai katalis untuk inovasi dan keunggulan dalam industri konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

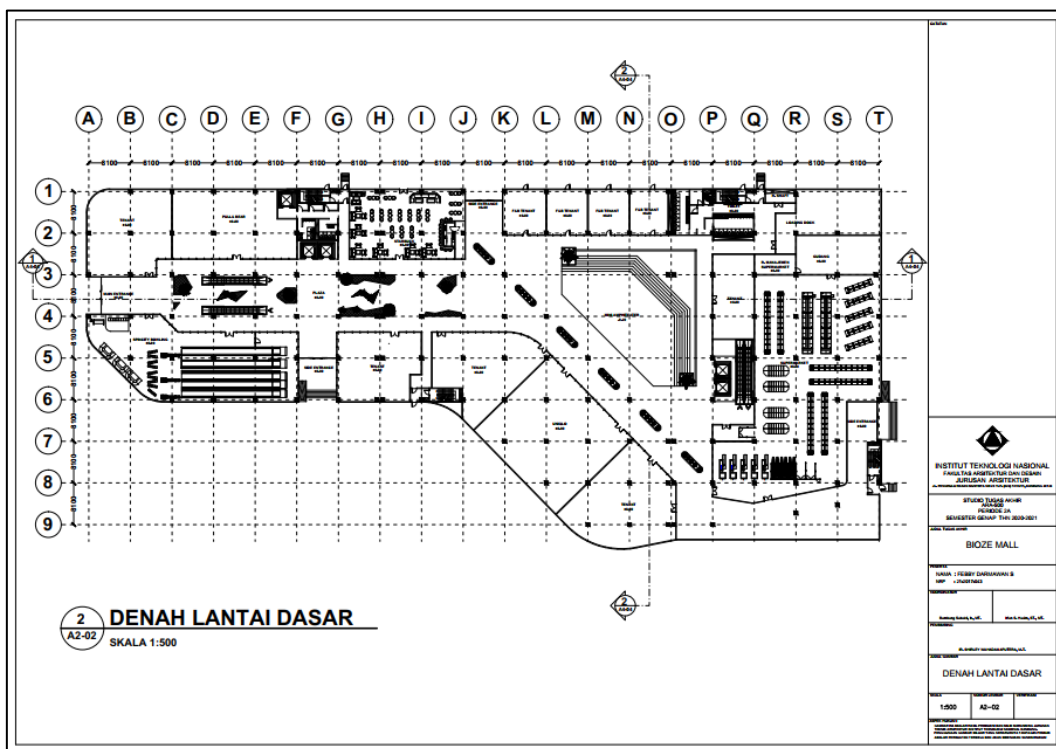
Penelitian dilakukan di IteNAS dengan Uji Model menggunakan *Software*, baik Revit Struktur yang berkonsep Building Information Modeling (BIM) maupun ETABS yang mendesain komponen struktur [1]. Pertama melakukan studi pustaka, serta mengumpulkan standar dan peraturan yang terkait [2] [3] [4] [6] [7]. Lalu menentukan objek bangunan struktur bertingkat sebagai objek penelitian. Selanjutnya dibuat dua buah model 1 dan model 2. Model 1 dibuat posisi kolom dengan berjarak antar kolom 8 meter dan jarak antar kolom 4 meter untuk model ke-2. Pemodelan struktur atas menggunakan bantuan *software* ETABS bertujuan untuk mengeluarkan gaya-gaya yang akan diterima oleh elemen struktur seperti balok dan kolom. Pemodelan berupa jenis *open frame*, dengan menggunakan material utama adalah beton bertulang.

Tahapan penelitian diperlihatkan pada **Gambar 1**. terkait metode penelitian untuk memilih model yang optimal. Pemilihan optimal di sini hanya terbatas membandingkan 2 model struktur yang telah dijelaskan di atas.

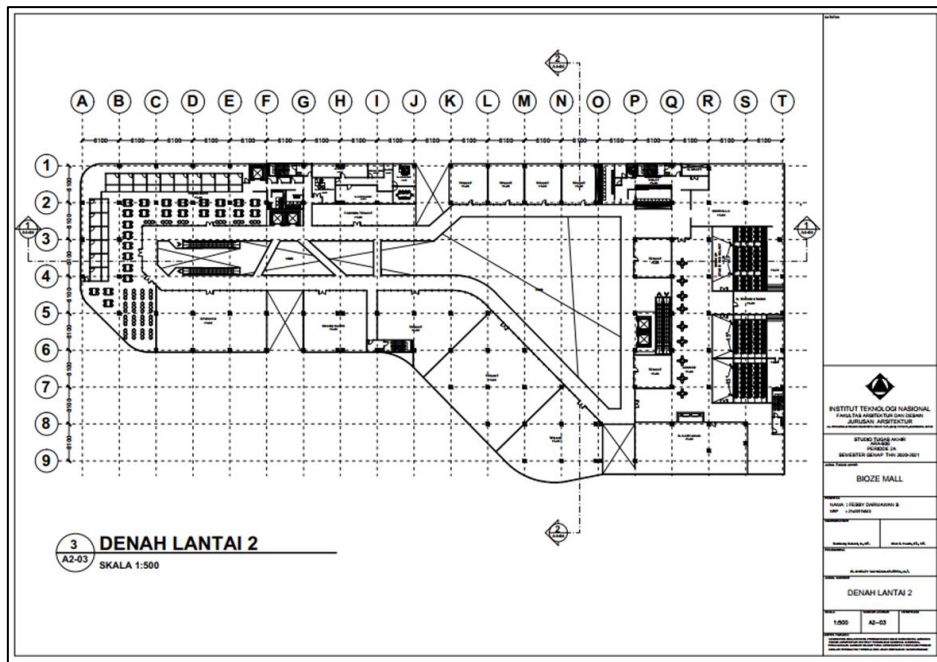


Gambar 1. Metode penelitian

Objek penelitian diperlihatkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** berupa denah lantai 1 dan lantai 2. Pada objek gambar arsitektur [5] belum dirancang penempatan kolom yang diperlukan untuk menahan lantai 2.

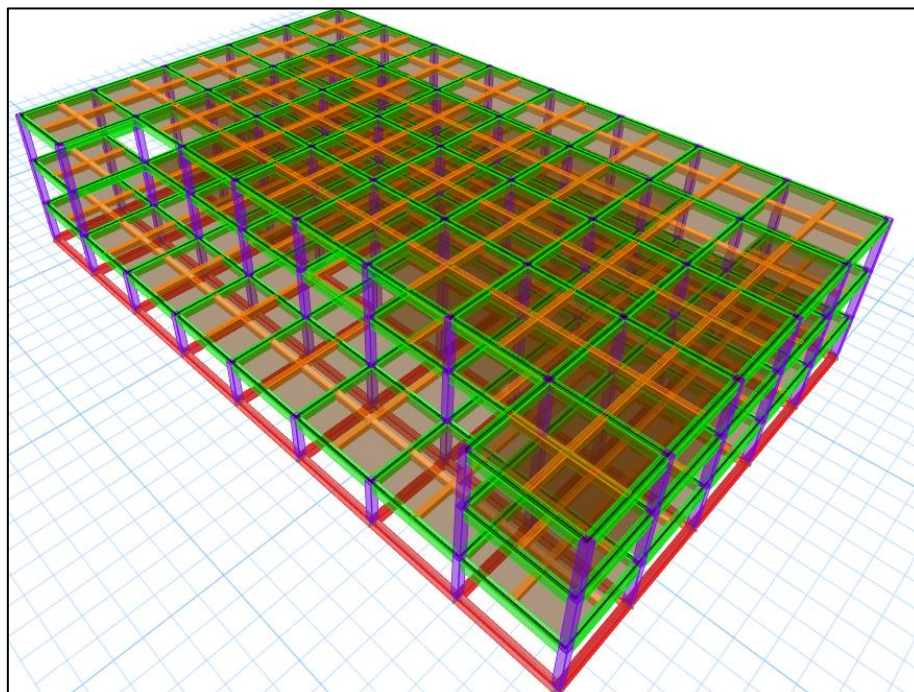


Gambar 2. Denah lantai dasar pada struktur gedung

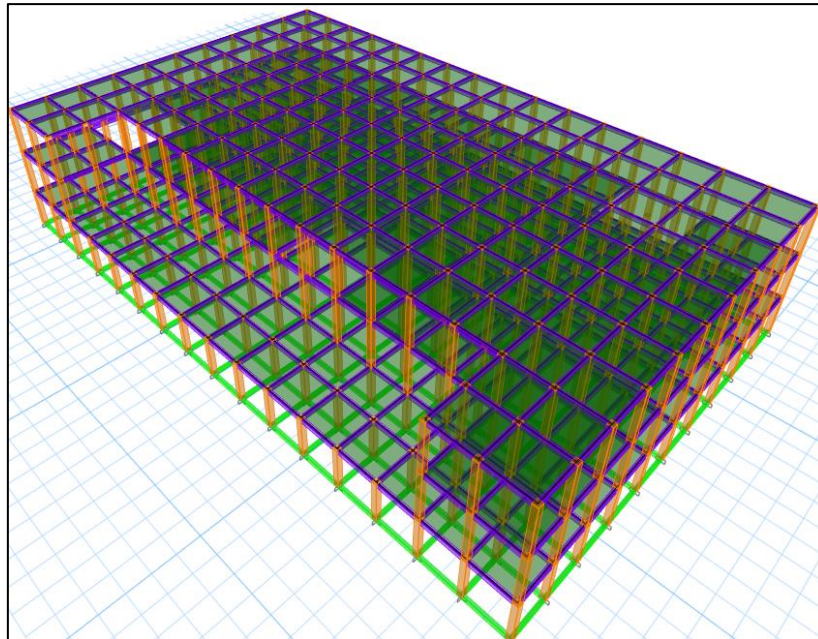


Gambar 3. Denah lantai dasar pada struktur gedung

Pemodelan pada struktur gedung menggunakan ETABS v20 untuk melakukan pengecekan kinerja struktur sedangkan pengeluaaran *output quantity take off* (QTO) menggunakan Revit v22.0.0. Pemodelan yang dimodelkan terdapat 2 model dengan model 1 jarak variasi bentang antar kolom mengikuti gambar arsitek sebesar 8,0 m yang diperlihatkan pada **Gambar 4** dan pada **Gambar 5** memperlihatkan model 2 jarak variasi bentang antar kolom sebesar 4,00 m.



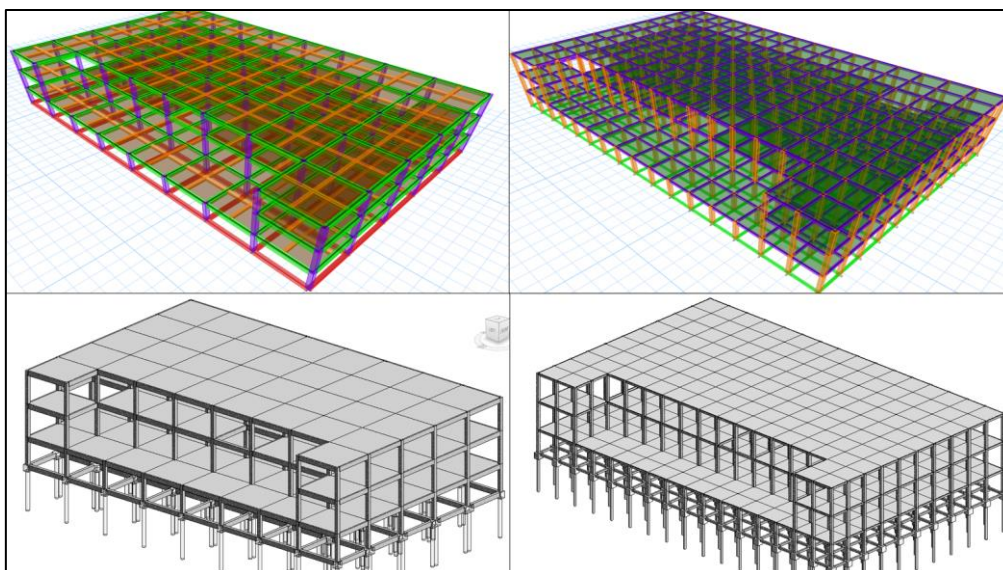
Gambar 4. Model ke-1 dengan data jarak antar kolom 8 meter



Gambar 5. Model ke-2 dengan data jarak antar kolom 4 meter

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan baik dalam Revit maupun ETABS untuk model 1 dan model 2 diperlihatkan pada **Gambar 6**. Model 1 untuk antar kolom 8 meter dan antar kolom 4 meter untuk model 2.



Gambar 6. Hasil pemodelan pada ETABS dan Revit

Partisipasi massa dalam ketentuan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 bahwa partisipasi massa yang terkombinasi mendapatkan nilai paling sedikit 90 persen dalam masing-masing arah berikut merupakan hasil analisa program ETABS untuk partisipasi massa. Partisipasi masa untuk model 1 diperlihatkan pada **Tabel 1**. **Tabel 2** memperlihatkan partisipasi masa untuk model 2.

Tabel 1. Partisipasi Massa Model 1

Mode	Period [sec]	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1,122	0,000	0,779	0,008	0,000	0,779	0,008
2	0,848	0,773	0,000	0,000	0,773	0,779	0,008
3	0,838	0,000	0,004	0,771	0,773	0,783	0,779
4	0,362	0,000	0,158	0,000	0,773	0,940	0,780
5	0,353	0,163	0,000	0,000	0,935	0,940	0,780
6	0,32	0,000	0,002	0,161	0,935	0,942	0,941
7	0,224	0,000	0,058	0,000	0,935	1,000	0,941
8	0,221	0,065	0,000	0,000	1,000	1,000	0,941
9	0,199	0,000	0,000	0,059	1,000	1,000	1,000

Tabel 1. Partisipasi Massa Model 2

Mode	Period [sec]	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1,068	0,000	0,738	0,008	0,000	0,738	0,008
2	0,809	0,736	0,000	0,000	0,736	0,738	0,008
3	0,699	0,000	0,003	0,734	0,736	0,741	0,742
4	0,271	0,000	0,176	0,000	0,736	0,917	0,742
5	0,265	0,178	0,000	0,000	0,915	0,917	0,742
6	0,253	0,000	0,177	0,177	0,915	0,920	0,918
7	0,147	0,000	0,006	0,006	0,915	0,994	0,924
8	0,145	0,083	0,000	0,000	0,998	0,994	0,925
9	0,138	0,000	0,072	0,072	0,998	0,998	0,997
10	0,117	0,000	0,000	0,000	0,998	0,998	0,997
11	0,117	0,000	0,000	0,000	0,998	0,998	0,997
12	0,117	0,001	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000

Perhitungan gaya geser dasar dapat dihitung dengan hasil *output* program ETABS antara lain *modal participating mass ratios*, *center of mass and rigidity*, dan *base reactions*. Yang diperlihatkan pada **Tabel 3** untuk model 1 sedangkan **Tabel 4** gaya geser untuk model 2.

Tabel 3. Pemeriksaan Gaya Geser Dasar Model 1

Arah	X	Y	Keterangan
KOEFISIEN GEMPA STATIK			
T	0,711	0,711	
C_s	0,123	0,123	$S_{DS}/(R/le)$
C_{smax}	0,130	0,130	$S_{D1}/(T/le)$
C_{smin}	0,044	0,044	$0,044S_{DS}l_e > 0,01$
C_{s*}	0,123	0,123	
GAYA LATERAL EKIVALEN / GAYA GEMPA STATIK			
W	72.140,631	72.140,631	kN
V	8.904,859	8.904,859	kN
V_i	9.804,860	10.084,465	kN
V_i/V	1,101	1,132	
Cek	OK	OK	$V_i/V > 1$

Tabel 4. Pemeriksaan Gaya Geser Dasar Model 2

Arah	X	Y	Keterangan
KOEFISIEN GEMPA STATIK			
T	0,711	0,711	
C_s	0,123	0,123	$S_{DS}/(R/le)$
C_{smax}	0,130	0,130	$S_{D1}/(T/le)$
C_{smin}	0,044	0,044	$0,044S_{DS}l_e > 0,01$
C_{s*}	0,123	0,123	

Tabel 4. Pemeriksaan Gaya Geser Dasar Model 2 lanjutan

Arah	X	Y	Keterangan
GAYA LATERAL EKIVALEN / GAYA GEMPA STATIK			
<i>W</i>	43.193,837	43.193,837	kN
<i>V</i>	5.331,739	5.331,739	kN
<i>V_i</i>	5.673,550	5.958,224	kN
<i>V_i/V</i>	1,064	1,118	
Cek	OK	OK	<i>V_i/V > 1</i>

Perhitungan simpangan antar tingkat dapat dihitung dengan *output* program ETABS antara lain *story max over displacements* seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Pemeriksaan Story Drift Model 1

Story	Displacement		Elastic Drift		<i>h</i>	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	<i>σ_{e_x}</i>	<i>σ_{e_y}</i>	<i>σ_{e_x}</i>	<i>σ_{e_y}</i>		<i>Δ_x</i>	<i>Δ_y</i>		
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]		
Rooftop	29,144	35,121	9,038	10,326	5.000	39,767	45,434	75	OK
Lt.2	20,106	24,795	13,421	15,981	5.000	59,052	70,316	75	OK
Lt.1	6,685	8,814	6,685	8,814	4.200	29,414	38,782	63	OK

Tabel 6. Pemeriksaan Story Drift Model 2

Story	Displacement		Elastic Drift		<i>h</i>	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	<i>σ_{e_x}</i>	<i>σ_{e_y}</i>	<i>σ_{e_x}</i>	<i>σ_{e_y}</i>		<i>Δ_x</i>	<i>Δ_y</i>		
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]		
Rooftop	27,998	33,706	8,729	9,963	5.000	38,408	43,837	75	OK
Lt.2	19,269	23,743	12,866	15,312	5.000	56,610	67,373	75	OK
Lt.1	6,403	8,431	6,403	8,431	4.200	28,173	37,096	63	OK

Tabel 7 dan **Tabel 8** merupakan data dan hasil perhitungan P-Delta, dapat dihitung dengan *output* program ETABS antara lain *story forces* dan *center of mass and rigidity* serta simpangan antar tingkat.

Tabel 7. Pemeriksaan P-Delta Model 1

Story	Inelastic Drift		Story Forces			<i>h</i>	Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas Struktur <i>θ</i> max	Cek
	<i>Δ_x</i>	<i>Δ_y</i>	<i>P</i>	<i>V_x</i>	<i>V_y</i>		<i>θ_X</i>	<i>θ_Y</i>		
	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]					
Rooftop	39,767	45,434	20.879,52	2.243,05	2.530,03	5.000	0,016	0,017	0,091	OK
Lt.2	59,052	70,316	23.063,50	3.590,39	4.102,53	5.000	0,017	0,018	0,091	OK
Lt.1	29,414	38,782	28.197,61	4.045,57	5.083,60	4.200	0,011	0,012	0,091	OK

Tabel 8. Pemeriksaan P-Delta Model 2

Story	Inelastic Drift		Story Forces			<i>h</i>	Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas Struktur <i>θ</i> max	Cek
	<i>Δ_x</i>	<i>Δ_y</i>	<i>P</i>	<i>V_x</i>	<i>V_y</i>		<i>θ_X</i>	<i>θ_Y</i>		
	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]					
Rooftop	38,408	43,837	10.913,61	1.175,32	1.318,13	5.000	0,016	0,017	0,091	OK
Lt.2	56,610	67,373	14.691,70	2.290,09	2.608,34	5.000	0,017	0,017	0,091	OK
Lt.1	28,173	37,096	17.588,52	2.527,35	3.183,04	4.200	0,011	0,011	0,091	OK

Pemilihan berdasarkan respon struktur dilihat dari segi gaya geser dasar, *story drift*, dan P-Delta, apabila perbandingan selisih antara kedua model lebih dari 5% maka respons struktur tidak dianggap sama seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Pemilihan Model Berdasarkan Respons Struktur

PARAMETER	MODEL		POIN		PERBANDINGAN SELISIH
	A	B	A	B	
RESPON STRUKTUR					
Perioda Getar [s]					
Perioda getar dasar arah X	0,848	0,809	1	1	4,60%
Perioda getar dasar arah Y	1,122	1,068	1	1	4,81%
Gaya geser dasar [kN]					
Perbandingan gaya geser dasar analisis/gaya geser dasar statik arah X	1,101	1,064	1	1	3,36%
Perbandingan gaya geser dasar analisis/gaya geser dasar statik arah Y	1,132	1,118	1	1	1,32%
Story Drift X [mm]					
Lt.1	29,414	28,173	1	1	4,22%
Lt.2	59,052	56,610	1	1	4,14%
Rooftop	39,767	38,408	1	1	3,42%
Story Drift Y [mm]					
Lt.1	38,782	37,096	1	1	4,35%
Lt.2	70,316	67,373	1	1	4,19%
Rooftop	45,434	43,837	1	1	3,52%
P.Delta X					
Lt.1	0,011	0,011	1	1	4,37%
Lt.2	0,017	0,017	1	1	4,26%
Rooftop	0,017	0,016	1	1	3,66%
P.Delta Y					
Lt.1	0,012	0,011	1	1	4,71%
Lt.2	0,018	0,017	1	1	4,00%
Rooftop	0,017	0,017	1	1	3,20%
TOTAL			16	16	

Pemilihan berdasarkan ekonomi dilihat dari segi kuantitas beton dan besi yang diperlukan antara kedua model dapat dilihat pada **Tabel 10**. Pemilihan ini akan dipilih dengan membandingkan jumlah beton dan besi yang paling sedikit digunakan, dikarenakan pemilihan yang paling sedikit digunakan dapat menekan angka Rancangan Anggaran Biaya (RAB) semakin ekonomis.

Tabel 10. Pemilihan Model Berdasarkan Respons Ekonomi

PARAMETER	MODEL		POIN	
	A [8 m]	B [4 m]	A [8 m]	B [4 m]
QUANTITY TAKE OFF				
Balok	973,51	309,07		
Kolom	210,49	484,66		
Fondasi	1.367,63	854,45		
Total Beton	2.919,83 m ³	1.975 m ³	0	1
Balok	37.994	57.776		
Kolom	61.858	92.159		
Pelat	204.571	102.835		
Total Besi Beton	304.423 kg	252.770 kg	0	1
TOTAL			0	2

Berikut merupakan rekapitan dari hasil pemilihan berdasarkan respons struktur, pemilihan berdasarkan *Quantity Take Off*, dan pemilihan berdasarkan *Quantity Take Off* pada model yang disederhanakan seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Resume Hasil Scoring

PARAMETER	POIN	
	A [8 m]	B [4 m]
RESPON STRUKTUR	16	16
QUANTITY TAKE OFF	0	2
TOTAL	16	18

4. KESIMPULAN

Dalam konteks pembangunan gedung bertingkat, pengoptimalan desain struktural berdasarkan penempatan dan jarak antar kolom dapat memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi biaya. Berdasarkan analisis yang dilakukan, diketahui bahwa:

1. Pentingnya analisis detil dalam optimalisasi desain struktural, khususnya dalam konteks ekonomi. Dalam kasus ini, model 2 dengan jarak antar kolom yang lebih kecil (4,05 m) ternyata lebih ekonomis dibandingkan dengan model 1 yang memiliki jarak antar kolom yang lebih besar (8,1 m). Meskipun model 2 memerlukan lebih banyak kolom.
2. Ini adalah contoh yang baik, bagaimana Building Information Modeling (BIM) bisa digunakan untuk melakukan analisis komparatif antara berbagai opsi desain, memungkinkan tim untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien. Dengan memanfaatkan BIM, tim dapat lebih mudah mengevaluasi berbagai variabel desain, dalam kasus ini, jarak antar kolom, dan bagaimana adanya perubahan data teknis pada komponen struktur akan mempengaruhi biaya keseluruhan dari proyek.
3. Keputusan untuk memilih desain yang lebih "ekonomis" juga harus mempertimbangkan faktor lain seperti kekuatan struktural, keamanan, dan estetika, yang semua ini juga bisa dievaluasi menggunakan BIM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Muhammad Fahmi Zain yang telah memberikan bantuan dalam input dan output pada software struktur sehingga peneliti ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apriani, W., Anggraini, M. & Haris, V.T. (2017). Analisis Pengaruh Variasi Bentang Kolom Terhadap Kinerja Struktur Gedung (Studi Kasus: Wilayah Tanah Lunak dengan Beban Gempa Kuat). *Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN/TSP) 2017 "Inovasi Teknologi Smart Building dan Green Construction untuk Pembangunan yang Berkelanjutan"* (pp. 204-211). Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Darmawan, F. &. (2021). Penerapan Arsitektur Bioklimatik pada Perancangan Bioze Mall Parahyangan di Kota Baru Parahyangan. *Diseminasi Prosiding Arsitektur*, 1(1), 1-10.

- [6] Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. . Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [8] Sabil, D. &. (2023). Penerapan Building Information Modeling (BIM) 5D pada Proyek Gedung Simpang Temu Dukuh Atas, Jakarta Pusat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan (J-SIL)*, 8(2), 95-104.
- [9] Septianingrum, A. (2021). *Dasar-Dasar Memahami Revolusi Industri*. Jakarta: Gramedia.
- [10] Wahyuningrum, C. S. (2020). Building Information Modeling (BIM) for Dams-Literature Review and Future Needs. *Journal of Civil Engineering Forum*, 6(1), 61-68.