

Analisa Struktur dengan Sistem BIM Multiplatform Untuk Hunian Rumah Mewah di Kota Klaten

Jose Watung¹, Seska Nicolaas², Olivia Moningka³ Cyntha Tendean⁴

Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado^{1,2},

Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado^{3,4}

E-mail: josewatung@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metode untuk melakukan analisis struktur sampai menghasilkan gambar kerja yang nantinya akan digunakan pada proses konstruksi sehingga menjadi lebih efisien dan efektif serta berujung pada hasil desain hunian yang memperhatikan standar peraturan dan kaidah yang berlaku terkait dengan peraturan daerah setempat, peraturan bangunan, dan kaidah perancangan struktur, dapat memenuhi kebutuhan ruang penghuni rumah dengan memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan, memperhatikan kekuatan struktur dan ketahanan terhadap gempa, serta adaptif dengan iklim tropis di Indonesia. Penelitian ini dimulai dengan melakukan preliminary design untuk menentukan dimensi awal dan material dari struktur rumah yang dilanjutkan dengan analisis struktur menggunakan software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berlaku, dan diakhiri dengan penggambaran tulangan hasil dari analisis struktur yang sudah dilakukan menggunakan kombinasi software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dan Revit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dan Revit dalam analisis struktur bangunan terbukti memberikan hasil yang akurat dan efisien dalam perencanaan dan perancangan struktur. Revit memfasilitasi proses pemodelan 3D dengan detail yang tinggi, sehingga memudahkan visualisasi struktur secara keseluruhan, sementara RSAP (Robot Structural Analysis Professional) berperan penting dalam menghitung dan menganalisis kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur bangunan.

Kata kunci: analisis struktur, revit, rsap.

Abstract

The objective of this research is to develop a method for conducting structural analysis up to the production of construction drawings that will be used in the construction process, making it more efficient and effective, ultimately resulting in residential designs that comply with applicable regulations and standards related to local regulations, building codes, and structural design principles. The method also aims to meet the occupants' space needs while considering safety and comfort factors, ensuring structural strength and earthquake resistance, and adapting to Indonesia's tropical climate. The research begins with a preliminary design to determine the initial dimensions and materials of the house structure, followed by structural analysis using RSAP (Robot Structural Analysis Professional) software based on the applicable Indonesian National Standards (SNI), and concludes with the detailing of reinforcement drawings based on

the structural analysis results using a combination of RSAP (Robot Structural Analysis Professional) and Revit software. The findings of this research indicate that the use of RSAP (Robot Structural Analysis Professional) and Revit in building structural analysis proves to deliver accurate and efficient results in the planning and design of structures. Revit facilitates the 3D modeling process with high detail, making it easier to visualize the entire structure, while RSAP (Robot Structural Analysis Professional) plays a key role in calculating and analyzing the strength, stability, and safety of the building structure.

Keywords: *rsap, revit, structural analysis.*

1. PENDAHULUAN

Analisis struktur merupakan proses teknis yang digunakan untuk menghitung dan mengevaluasi kekuatan, kestabilan, serta respons suatu bangunan atau elemen strukturnya terhadap berbagai jenis beban. Rencana sistem struktur yang disusun akan memberikan pengaruh besar terhadap keseluruhan perencanaan struktur sebuah gedung (Saputra dan Firmanto, 2017). Secara umum, kekuatan suatu struktur sangat bergantung pada dimensi elemen-elemennya. Dimensi elemen yang lebih besar biasanya meningkatkan kekuatan struktur, sementara dimensi yang lebih kecil dapat menyebabkan berkurangnya daya dukung. Perhitungan dalam perencanaan bangunan bertujuan untuk menghasilkan desain struktur yang tidak hanya kokoh dan aman tetapi juga efisien, sehingga dapat menopang beban-beban yang bekerja pada bangunan sesuai dengan peraturan perencanaan yang berlaku (Sutanto et al, 2014). Oleh karena itu, analisis struktur memiliki peran krusial dalam memastikan sebuah bangunan mampu berdiri dengan aman dan stabil, baik terhadap berat bangunannya sendiri maupun beban luar seperti angin, gempa bumi, dan hujan. Dalam perkembangan teknologi modern saat ini, berbagai perangkat lunak dan aplikasi telah tersedia, memungkinkan pengguna untuk memasangnya dan mengoperasikannya dengan mudah (Hasibuan et al, 2022). Dengan menggunakan program khusus, proses analisis struktur untuk berbagai kebutuhan dapat diselesaikan secara cepat dan akurat (Firdiansyah dan Irwandi, 2017). Sebagai kesimpulan, penggunaan perangkat lunak tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi biaya, dibandingkan dengan perhitungan manual yang memakan waktu lebih lama dan membutuhkan banyak tenaga.

Robot Structural Analysis Professional (RSAP) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk untuk mendukung insinyur sipil dan struktural dalam melakukan analisis serta desain struktur bangunan dan infrastruktur. Software ini dirancang untuk memfasilitasi pemodelan dan analisis berbagai jenis struktur, memungkinkan pembuatan elemen struktur, evaluasi hasil analisis, pengaturan dimensi elemen tertentu, hingga pembuatan dokumentasi terkait (Kajja et al, 2023). RSAP kompatibel dengan berbagai material konstruksi seperti baja, beton, dan kayu, serta mampu menangani desain struktur yang kompleks, termasuk gedung bertingkat tinggi, jembatan, dan infrastruktur lainnya. Melalui integrasi dengan Building Information Modeling (BIM), RSAP meningkatkan kemudahan kolaborasi antar tim sekaligus memperbaiki akurasi dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Saat ini, dunia telah memasuki era revolusi industri 4.0 yang ditandai dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi untuk meningkatkan efisiensi sekaligus menghasilkan kualitas produk yang lebih optimal. Salah satu inovasi teknologi yang berkontribusi besar dalam mendukung proyek infrastruktur adalah Building Information Modeling (BIM) (Santoso et al, 2023). BIM adalah sebuah sistem teknologi yang mengintegrasikan informasi terkait dalam

proses perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan bangunan, yang disajikan dalam bentuk visualisasi tiga dimensi (Hasyim et al, 2023). Selain itu, BIM juga dapat diartikan sebagai pendekatan kerja yang berbasis model 3D digital yang mencakup seluruh informasi yang terhubung secara terintegrasi. Sistem ini memfasilitasi koordinasi, simulasi, dan visualisasi antara pihak-pihak terkait, sehingga membantu pemilik proyek dan penyedia layanan dalam proses perancangan, konstruksi, serta pengelolaan bangunan (Sangadji et al, 2019). Perencanaan berbasis BIM memerlukan penggunaan perangkat lunak yang saling terhubung. Hal ini memungkinkan proses perencanaan menjadi lebih efisien dan memudahkan kontrol terhadap pelaksanaan pembangunan suatu bangunan (Ramadhandy et al, 2023).

Autodesk Revit adalah perangkat lunak BIM yang dirancang untuk membangun model 3D parametrik dengan geometri yang dilengkapi informasi terintegrasi, guna mendukung desain dan konstruksi bangunan serta infrastruktur (Kirby et al, 2018). Revit mampu memodelkan bangunan dalam bentuk 3D dengan akurat, sehingga memudahkan para pemangku kepentingan untuk melakukan perubahan dan memeriksa volume elemen bangunan jika diperlukan (Fitrianto et al, 2023). Software ini memungkinkan para profesional dari berbagai bidang, termasuk arsitektur, struktur, dan mekanikal, untuk merancang, membuat, dan mengelola model digital bangunan secara terintegrasi. Elemen struktural seperti balok, kolom, pelat, dinding geser, dan fondasi merupakan bagian dari model pusat di Revit. Namun, secara default, elemen-elemen ini tidak dirancang untuk menyimpan data analisis dan desain struktural. Oleh karena itu, elemen-elemen tersebut dimodifikasi agar mampu menyimpan sebanyak mungkin informasi terkait analisis dan desain struktural. Elemen-elemen ini berfungsi sebagai template (dikenal sebagai "keluarga" dalam terminologi Revit) yang dapat digunakan kembali untuk berbagai proyek (Habte dan Guyo, 2021). Dengan kemampuan ini, Revit menjadi alat yang sangat efisien untuk menghasilkan desain bangunan yang kompleks dan presisi tinggi.

Riset tentang analisis struktur menggunakan software analisis struktur dengan mengimplementasikan sistem BIM Multiplatform ini bertujuan untuk mengembangkan metode untuk melakukan analisis struktur sampai menghasilkan gambar kerja. Gambar nantinya akan digunakan pada proses konstruksi sehingga menjadi lebih efisien dan efektif serta berujung pada hasil desain hunian yang memperhatikan standar peraturan dan kaidah yang berlaku.

2. METODE PENELITIAN

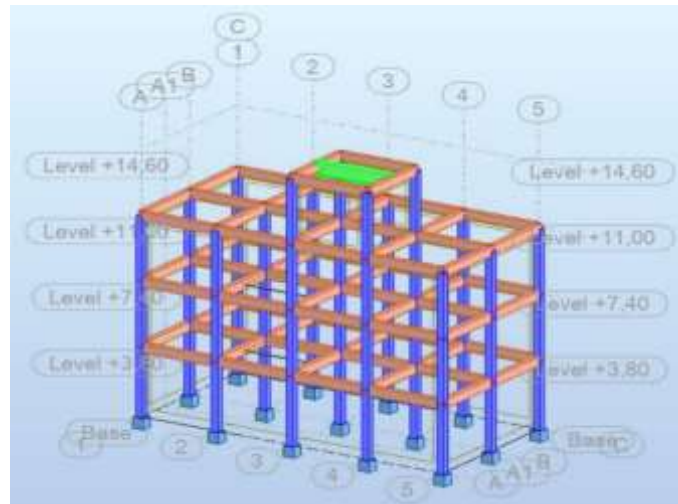
Penelitian ini merupakan penelitian tentang analisis struktur rumah mewah 3 tingkat. Penelitian ini dimulai dengan melakukan preliminary design untuk menentukan dimensi awal dan material dari struktur rumah, yang meliputi balok, kolom, pelat, dan pondasi. Selanjutnya, dilakukan analisis menyeluruh terhadap semua bagian struktur menggunakan software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berlaku. Analisis ini mencakup evaluasi kekuatan, stabilitas, dan efisiensi struktur untuk memastikan keamanan dan fungsionalitas setiap elemen. Penelitian ini diakhiri dengan penggambaran detail tulangan hasil dari analisis struktur, yang dilakukan menggunakan kombinasi software RSAP dan Revit untuk menghasilkan desain akhir yang akurat dan dapat diterapkan secara praktis di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi desain menggunakan Robot Structural Analysis Professional (RSAP) dan Revit dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Pertama, sinkronisasi data antara kedua software. Integrasi yang mulus memungkinkan perubahan desain di Revit secara otomatis diperbarui pada model analisis di RSAP, sehingga mengurangi waktu untuk transfer data manual. Kedua, kompleksitas proyek memengaruhi tingkat efisiensi; pada proyek besar dengan banyak elemen, kemampuan RSAP untuk menangani analisis elemen hingga secara cepat menjadi keunggulan signifikan dibandingkan metode tradisional. Ketiga, kompetensi pengguna dalam memanfaatkan fitur-fitur software, seperti parametrik desain, optimasi beban, dan analisis struktur, juga menjadi penentu utama. Pengguna yang terampil dapat memanfaatkan RSAP dan Revit untuk mempercepat iterasi desain dan memastikan konsistensi antar model.

Besarnya efisiensi yang diperoleh bervariasi tergantung pada skala dan kompleksitas proyek. Studi kasus menunjukkan bahwa integrasi RSAP dan Revit dapat mengurangi waktu desain hingga 30-50% dibandingkan metode manual atau software yang tidak terintegrasi. Misalnya, untuk proyek gedung bertingkat, waktu iterasi desain struktur yang biasanya memakan waktu berminggu-minggu dapat dipangkas menjadi beberapa hari. Selain itu, efisiensi biaya juga tercapai karena kesalahan desain akibat inkonsistensi data atau interpretasi manual dapat diminimalkan. Namun, untuk mencapai efisiensi maksimum, diperlukan spesifikasi hardware yang memadai, pelatihan intensif bagi tim desain, serta pemahaman mendalam tentang parameter teknis proyek. Kombinasi faktor-faktor ini memastikan bahwa penggunaan RSAP dan Revit memberikan hasil desain yang optimal dalam waktu yang lebih singkat.

Pada penelitian ini, dikarenakan data penyelidikan tanah yang ada hanyalah data sondir, maka kelas situs tanah tidak bisa ditentukan menggunakan data penyelidikan tanah sebagai acuan. Maka sesuai dengan ketentuan yang ada pada SNI 1726 - 2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung), ditentukan kelas situs tanah yang digunakan untuk penentuan sistem struktur adalah SE (tanah lunak), sehingga jenis sistem struktur yang akan digunakan adalah sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK). Dimensi awal dari struktur atas rumah didapatkan dari perhitungan sederhana mengikuti batasan dimensi minimal yang disyaratkan pada SNI 2847 - 2019 (Persyaratan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung). Dimensi awal dari struktur bawah rumah ditentukan berdasarkan data sondir yang ada. Dari hasil preliminary design yang dilakukan, didapatkan dimensi kolom 350x350 mm, dimensi balok 250x350, dimensi pelat lantai 120 mm, dimensi pelat dak beton 100 mm, dan dimensi pondasi 1.500x1.500x500 pada kedalaman 3.000 mm, serta semua struktur menggunakan material beton bertulang dengan mutu beton 25 MPa. Setelah mendapatkan dimensi awal struktur dan material yang akan digunakan, pemodelan struktur dibuat pada software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tampak 3D Struktur Rumah

Langkah berikutnya adalah meng-input beban yang akan diaplikasikan pada struktur beserta dengan kombinasinya. Pembebanan yang diterapkan pada struktur mengikuti standar yang ada pada SNI 1727 – 2020 (Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain). Kombinasi beban yang digunakan menggabungkan kombinasi dasar pada SNI 1727 – 2020 (Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain) dan kombinasi akibat gempa pada SNI 1726 - 2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung) kemudian menyesuaikannya dengan keperluan perhitungan pada Robot Structural Analysis Professional (RSAP).

Tabel 2. Beban Pada Struktur

PERENCANAAN BEBAN				
1	Beban Hidup			
a.	Lantai 1 dan 2	200	kg/m ²	
b.	Atap	100	kg/m ²	
c.	Tangga	300	kg/m ²	
2	Beban Mati Sendiri			
	Berat sendiri komponen struktur (Self Weight) sudah dihitung secara otomatis oleh program RSAP (Robot Structural Analysis Profesional) berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan.			
3	Beban Mati Tambahan			
a.	Beban Merata Lantai 1-2	67	kg/m ²	
b.	Beban Merata Lantai 3	72	kg/m ²	
c.	Beban Garis (Dinding Bata Merah) Lantai 1	950	kg/m ²	
d.	Beban Garis (Dinding Bata Merah) Lantai 2	900	kg/m ²	
4	Beban Air Hujan			
a.	Beban Hujan	25	kg/m ²	

Tabel 3. Kombinasi Beban Pada Struktur (1)

BEBAN KOMBINASI			
A.	Load Type (Tipe Pembebanan)		
	1	SW	Self Weight, Beban Mati Sendiri
	2	SDL	Superimposed Dead Load, Beban Mati Tambahan
	3	LL	Live Load, Beban Hidup
	4	Lr	Live Roof Load, Beban Hidup pada Atap
	5	R	Rain Load, Beban Air Hujan
	6	Wind X+	Wind Load X Dir, Beban Angin Arah X Positif
	7	Wind Y+	Wind Load Y Dir, Beban Angin Arah Y Positif
	8	Wind X-	Wind Load X Dir, Beban Angin Arah X Negatif
	9	Wind Y-	Wind Load Y Dir, Beban Angin Arah Y Negatif
	10	Modal	Modal
	11	EQX Static	Earthquake X Dir, Beban Gempa Static Arah X
	12	EQY Static	Earthquake Y Dir, Beban Gempa Static Arah Y
	13	QX Dynamic	Earthquake X Dir, Beban Gempa Dinamik Arah X
	14	QY Dynamic	Earthquake Y Dir, Beban Gempa Dinamik Arah Y
B.	Kombinasi Dasar (SNI 1727:2020) Pasal 2.3.1		
	1	1,4 DL	
	2	1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr atau R)	
	3	1,2 DL + 1,6 (Lr atau R) + (LL atau 0,5 W)	
	4	1,2 DL + 1,0 W + 0,5 (Lr atau R)	
	5	0,9 DL + 1,0 W	
C.	Kombinasi Akibat Gempa (SNI 1726:2019) Pasal 4.2.2.3		
	6	1,2 DL + Ev + Eh + LL	
	7	0,9 DL - Ev + Eh	

Tabel 4. Kombinasi Beban Pada Struktur (2)

No.	Tipe Kombinasi	Formula								No. Kombinasi	Ket. Kombinasi
		Case	Coef	Case	Coef	Case	Coef	Case	Coef		
ULTIMATE LIMIT STATE											
15	ULS1 = 1,4 D	1	1,4	2	1,4					1	1,4 DL
16	ULS2 = 1,2 D + 1,6 LL	1	1,2	2	1,2	3	1,6			1	1,2 DL + 1,6 LL
17	ULS3 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr	1	1,2	2	1,2	3	1,6	4	0,5	2	1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr atau R)
18	ULS4 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 R	1	1,2	2	1,2	3	1,6	5	0,5		
19	ULS5 = 1,2 D + 1,6 Lr + 1 LL	1	1,2	2	1,2	4	1,6	3	1	3	1,2 DL + 1,6 (Lr atau R) + 1 LL
20	ULS6 = 1,2 D + 1,6 R + 1 LL	1	1,2	2	1,2	5	1,6	3	1		
21	ULS7 = 1,2 D + 1,6 Lr + 0,5 Wind X+	1	1,2	2	1,2	4	1,6	6	0,5		
22	ULS8 = 1,2 D + 1,6 Lr + 0,5 Wind Y+	1	1,2	2	1,2	4	1,6	7	0,5	3	1,2 DL + 1,6 Lr + 0,5 W
23	ULS9 = 1,2 D + 1,6 Lr + 0,5 Wind X-	1	1,2	2	1,2	4	1,6	8	0,5		
24	ULS10 = 1,2 D + 1,6 Lr + 0,5 Wind Y-	1	1,2	2	1,2	4	1,6	9	0,5		
25	ULS11 = 1,2 D + 1,6 R + 0,5 Wind X+	1	1,2	2	1,2	5	1,6	6	0,5		
26	ULS12 = 1,2 D + 1,6 R + 0,5 Wind Y+	1	1,2	2	1,2	5	1,6	7	0,5	3	1,2 DL + 1,6 R + 0,5 W
27	ULS13 = 1,2 D + 1,6 R + 0,5 Wind X-	1	1,2	2	1,2	5	1,6	8	0,5		
28	ULS14 = 1,2 D + 1,6 R + 0,5 Wind Y-	1	1,2	2	1,2	5	1,6	9	0,5		
29	ULS15 = 1,2 D + 1,0 Wind X+ + 1,0 LL + 0,5 Lr	1	1,2	2	1,2	6	1	3	1 4 0,5	4	1,2 DL + 1 W + 1 LL + 0,5 Lr
30	ULS16 = 1,2 D + 1,0 Wind Y+ + 1,0 LL + 0,5 Lr	1	1,2	2	1,2	7	1	3	1 4 0,5		
31	ULS17 = 1,2 D + 1,0 Wind X- + 1,0 LL + 0,5 Lr	1	1,2	2	1,2	8	1	3	1 4 0,5		
32	ULS18 = 1,2 D + 1,0 Wind Y- + 1,0 LL + 0,5 Lr	1	1,2	2	1,2	9	1	3	1 4 0,5		
33	ULS19 = 1,2 D + 1,0 Wind X+ + 1,0 LL + 0,5 R	1	1,2	2	1,2	6	1	3	1 5 0,5	4	1,2 DL + 1 W + 1 LL + 0,5 R
34	ULS20 = 1,2 D + 1,0 Wind Y+ + 1,0 LL + 0,5 R	1	1,2	2	1,2	7	1	3	1 5 0,5		
35	ULS21 = 1,2 D + 1,0 Wind X- + 1,0 LL + 0,5 R	1	1,2	2	1,2	8	1	3	1 5 0,5		
36	ULS22 = 1,2 D + 1,0 Wind Y- + 1,0 LL + 0,5 R	1	1,2	2	1,2	9	1	3	1 5 0,5		
37	ULS23 = 0,9 D + 1,0 Wind X+	1	0,9	2	0,9	6				5	0,9 DL + 1 W
38	ULS24 = 0,9 D + 1,0 Wind Y+	1	0,9	2	0,9	7					
39	ULS25 = 0,9 D + 1,0 Wind X-	1	0,9	2	0,9	8					
40	ULS26 = 0,9 D + 1,0 Wind Y-	1	1,2	2	0,9	9					
41	ULS27 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 1pEQX + 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	1,3	14	0,39 3 1	6	1,2 DL + Ev + Eh + LL
42	ULS28 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 1pEQX - 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	1,3	14	-0,4 3 1		
43	ULS29 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 1pEQX + 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-1,3	14	0,39 3 1		
44	ULS30 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 1pEQX - 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-1,3	14	-0,4 3 1		
45	ULS31 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 0,3pEQX + 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	0,39	14	1,3 3 1	6	1,2 DL + Ev + Eh + LL
46	ULS32 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 0,3pEQX - 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	0,39	14	-1,3 3 1		
47	ULS33 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 0,3pEQX + 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-0,4	14	1,3 3 1		
48	ULS34 = 1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 0,3pEQX - 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-0,4	14	-1,3 3 1		
49	ULS35 = 0,9+0,2SDSID + 1,0 pEQX + 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	1,3	14	0,39	7	0,9 DL - Ev + Eh
50	ULS36 = 0,9+0,2SDSID + 1,0 pEQX - 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	1,3	14	-0,4		
51	ULS37 = 0,9+0,2SDSID - 1,0 pEQX + 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-1,3	14	0,39		
52	ULS38 = 0,9+0,2SDSID - 1,0 pEQX + 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-1,3	14	-0,4		
53	ULS39 = 0,9+0,2SDSID + 0,3 pEQX + 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	0,39	14	1,3	7	0,9 DL - Ev + Eh
54	ULS40 = 0,9+0,2SDSID + 0,3 pEQX - 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	0,39	14	-1,3		
55	ULS41 = 0,9+0,2SDSID - 0,3 pEQX + 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-0,4	14	1,3		
56	ULS42 = 0,9+0,2SDSID - 0,3 pEQX - 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-0,4	14	-1,3		
ULTIMATE LIMIT STATE (Overstrength)											
57	ULS43 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 1pEQX + 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	3	14	0,9 3 1		
58	ULS44 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 1pEQX - 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	3	14	-0,9 3 1		
59	ULS45 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 1pEQX + 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-3	14	0,9 3 1		
60	ULS46 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 1pEQX - 0,3pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-3	14	-0,9 3 1		
61	ULS47 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 0,3pEQX + 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	0,9	14	3 3 1		
62	ULS48 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL + 0,3pEQX - 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	0,9	14	-3 3 1		
63	ULS49 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 0,3pEQX + 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-0,9	14	3 3 1		
64	ULS50 = (1,2+0,2SDSID + 1,0 LL - 0,3pEQX - 1pEQY	1	1,32	2	1,316	13	-0,9	14	-3 3 1		
65	ULS51 = 0,9+0,2SDSID + 1,0 pEQX + 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	3	14	0,9		
66	ULS52 = 0,9+0,2SDSID + 1,0 pEQX - 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	3	14	-0,9		
67	ULS53 = 0,9+0,2SDSID - 1,0 pEQX + 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-3	14	0,9		
68	ULS54 = 0,9+0,2SDSID - 1,0 pEQX - 0,3 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-3	14	-0,9		
69	ULS55 = 0,9+0,2SDSID + 0,3 pEQX + 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	0,9	14	3		
70	ULS56 = 0,9+0,2SDSID + 0,3 pEQX - 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	0,9	14	-3		
71	ULS57 = 0,9+0,2SDSID - 0,3 pEQX + 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-0,9	14	3		
72	ULS58 = 0,9+0,2SDSID - 0,3 pEQX - 1,0 pEQY	1	0,78	2	0,784	13	-0,9	14	-3		

Tabel 5. Kombinasi Beban Pada Struktur (3)

SERVICEABILITY LIMIT STATE (SLS)													
73	SLS 1 = 1,0 DL	1	1	2	1							1	1,0 DL
74	SLS 2 = 1,0 DL + 1,0 LL	1	1	2	1	3	1					2	1,0 DL + 1,0 LL
75	SLS 3.1 = 1,0 DL + 1,0 Lr	1	1	2	1	4	1					3	1,0 DL + 1,0 (Lr atau R)
76	SLS 3.2 = 1,0 DL + 1,0 R	1	1	2	1	5	1						
77	SLS 4.1 = 1,0 DL + 0,75 LL + 0,75 Lr	1	1	2	1	3	0,75	4	0,75			4	1,0 DL + 0,75 LL + 0,75 (Lr atau R)
78	SLS 4.2 = 1,0 DL + 0,75 LL + 0,75 R	1	1	2	1	3	0,75	5	0,75				
79	SLS 5.1 = 1,0 DL + 0,6 WIND X+	1	1	2	1	6	0,6					5	1,0 DL + 0,6 W
80	SLS 5.2 = 1,0 DL + 0,6 WIND Y+	1	1	2	1	7	0,6						
81	SLS 5.3 = 1,0 DL + 0,6 WIND X-	1	1	2	1	8	0,6						
82	SLS 5.4 = 1,0 DL + 0,6 WIND Y-	1	1	2	1	9	0,6						
83	SLS 6a.1 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND X(+) + 0,75LR	1	1	2	1	3	0,75	6	0,45	4	0,75	6a	1,0 DL + 0,75 LL + 0,45 W + 0,75 Lr
84	SLS 6a.2 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND Y(+) + 0,75LR	1	1	2	1	3	0,75	7	0,45	4	0,75		
85	SLS 6a.3 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND X(-) + 0,75LR	1	1	2	1	3	0,75	8	0,45	4	0,75		
86	SLS 6a.4 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND X(-) + 0,75LR	1	1	2	1	3	0,75	9	0,45	4	0,75		
87	SLS 6a.5 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND Y(+) + 0,75R	1	1	2	1	3	0,75	6	0,45	5	0,75	6a	1,0 DL + 0,75 LL + 0,45 W + 0,75 R
88	SLS 6a.6 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND Y(+) + 0,75R	1	1	2	1	3	0,75	7	0,45	5	0,75		
89	SLS 6a.7 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND X(-) + 0,75R	1	1	2	1	3	0,75	8	0,45	5	0,75		
90	SLS 6a.8 = 1,0D + 0,75LL + 0,45WIND Y(-) + 0,75R	1	1	2	1	3	0,75	9	0,45	5	0,75		
91	SLS 7.1 = 0,6 DL + 0,6 WIND X(+)	1	0,6	2	0,6	6	0,6					7	0,6 DL + 0,6 W
92	SLS 7.2 = 0,6 DL + 0,6 Wind Y(+)	1	0,6	2	0,6	7	0,6						
93	SLS 7.3 = 0,6 DL + 0,6 WIND X(-)	1	0,6	2	0,6	8	0,6						
94	SLS 7.4 = 0,6 DL + 0,6 Wind Y(-)	1	0,6	2	0,6	9	0,6						
95	SLS 8.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	1,081	2	1,081	13	0,91	14	0,27			8	1,0 DL + 0,7 Ev + 0,7 Eh
96	SLS 8.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	1,081	2	1,081	13	0,91	14	-0,3				
97	SLS 8.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	1,081	2	1,081	13	-0,9	14	0,27				
98	SLS 8.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	1,081	2	1,081	13	-0,9	14	-0,3				
99	SLS 8b.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	1,081	2	1,081	13	0,27	14	0,91			8	1,0 DL + 0,7 Ev + 0,7 Eh
100	SLS 8b.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	1,081	2	1,081	13	0,27	14	-0,9				
101	SLS 8b.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	1,081	2	1,081	13	-0,27	14	0,91				
102	SLS 8b.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	1,081	2	1,081	13	-0,27	14	-0,9				
103	SLS 9a.1 = (1.0+0.105SDSID + 0.525pEQX + 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,68	14	0,2	3	0,75	9	1,0 DL + 0,525 Ev + 0,525 Eh + 0,75 LL
104	SLS 9a.2 = (1.0+0.105SDSID + 0.525pEQX - 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,68	14	-0,2	3	0,75		
105	SLS 9a.3 = (1.0+0.105SDSID - 0.525pEQX + 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,7	14	0,2	3	0,75		
106	SLS 9a.4 = (1.0+0.105SDSID - 0.525pEQX - 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,7	14	-0,2	3	0,75		
107	SLS 9b.1 = (1.0+0.105SDSID + 0.1575pEQX + 0.1525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,2	14	0,68	3	0,75	9	1,0 DL + 0,525 Ev + 0,525 Eh + 0,75 LL
108	SLS 9b.2 = (1.0+0.105SDSID + 0.1575pEQX - 0.1525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,2	14	-0,7	3	0,75		
109	SLS 9b.3 = (1.0+0.105SDSID - 0.1575pEQX + 0.1525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,2	14	0,68	3	0,75		
110	SLS 9b.4 = (1.0+0.105SDSID - 0.1575pEQX - 0.1525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,2	14	-0,7	3	0,75		
111	SLS 10a.1 = (0.6+0.14SDSID + 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,91	14	0,27			10	0,6 DL - 0,7 Ev + 0,7 Eh
112	SLS 10a.2 = (0.6+0.14SDSID + 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,91	14	-0,3				
113	SLS 10a.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,9	14	0,27				
114	SLS 10a.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,9	14	-0,3				
115	SLS 10b.1 = (0.6+0.14SDSID + 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,27	14	0,91			10	0,6 DL - 0,7 Ev + 0,7 Eh
116	SLS 10b.2 = (0.6+0.14SDSID + 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,27	14	-0,9				
117	SLS 10b.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,3	14	0,91				
118	SLS 10b.4 = (0.6+0.14SDSID - 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,3	14	-0,9				
SERVICEABILITY LIMIT STATE (Overstrength)													
119	SLS 11a.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	1,08	2	1,08	13	2,1	14	0,63				
120	SLS 11a.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	1,08	2	1,08	13	2,1	14	-0,6				
121	SLS 11a.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	1,08	2	1,08	13	-2,1	14	0,63				
122	SLS 11a.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	1,08	2	1,08	13	-2,1	14	-0,6				
123	SLS 11b.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	1,08	2	1,08	13	0,63	14	2,1				
124	SLS 11b.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	1,08	2	1,08	13	0,63	14	-2,1				
125	SLS 11b.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	1,08	2	1,08	13	-0,6	14	2,1				
126	SLS 11b.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	1,08	2	1,08	13	-0,6	14	-2,1				
127	SLS 12a.1 = (1.0+0.105 SDSID + 0.525pEQX + 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	1,58	14	0,47	3	0,75		
128	SLS 12a.2 = (1.0+0.105 SDSID + 0.525pEQX - 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	1,58	14	-0,5	3	0,75		
129	SLS 12a.3 = (1.0+0.105 SDSID - 0.525pEQX + 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-1,6	14	0,47	3	0,75		
130	SLS 12a.4 = (1.0+0.105 SDSID - 0.525pEQX - 0.1575pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-1,6	14	-0,5	3	0,75		
131	SLS 12b.1 = (1.0+0.105 SDSID + 1.575pEQX + 0.525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,47	14	1,58	3	0,75		
132	SLS 12b.2 = (1.0+0.105 SDSID + 1.575pEQX - 0.525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	0,47	14	-1,6	3	0,75		
133	SLS 12b.3 = (1.0+0.105 SDSID - 1.575pEQX + 0.525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,5	14	1,58	3	0,75		
134	SLS 12b.4 = (1.0+0.105 SDSID - 1.575pEQX - 0.525pEQY + 0.75L	1	1,061	2	1,061	13	-0,5	14	-1,6	3	0,75		
135	SLS 13a.1 = (0.6+0.14SDSID + 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	2,1	14	0,63				
136	SLS 13a.2 = (0.6+0.14SDSID + 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	2,1	14	-0,6				
137	SLS 13a.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.7pEQX + 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-2,1	14	0,63				
138	SLS 13a.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.7pEQX - 0.21pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-2,1	14	-0,6				
139	SLS 13b.1 = (0.6+0.14SDSID + 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,63	14	2,1				
140	SLS 13b.2 = (0.6+0.14SDSID + 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	0,63	14	-2,1				
141	SLS 13b.3 = (0.6+0.14SDSID - 0.21pEQX + 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,6	14	2,1				
142	SLS 13b.4 = (0.6+0.14SDSID - 0.21pEQX - 0.7pEQY	1	0,519	2	0,519	13	-0,6	14	-2,1				
143	SLS Ltr.a.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX + 0.21pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	0,7	14	0,21	3	0,5		
144	SLS Ltr.a.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.7pEQX - 0.21pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	0,7	14	-0,2	3	0,5		
145	SLS Ltr.a.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX + 0.21pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	-0,7	14	0,21	3	0,5		
146	SLS Ltr.a.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.7pEQX - 0.21pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	-0,7	14	-0,2	3	0,5		
147	SLS Ltr.b.1 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX + 0.7pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	0,21	14	0,7	3	0,5		
148	SLS Ltr.b.2 = (1.0+0.14SDSID + 0.21pEQX - 0.7pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	0,21	14	-0,7	3	0,5		
149	SLS Ltr.b.3 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX + 0.7pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	-0,2	14	0,7	3	0,5		
150	SLS Ltr.b.4 = (1.0+0.14SDSID - 0.21pEQX - 0.7pEQY + 0.5L	1	1,08	2	1,08	13	-0,2	14	-0,7	3	0,5		

Ketika semua beban beserta kombinasinya sudah di-input kedalam software RSAP (Robot Structural Analysis Professional), analisis struktur dilakukan untuk mendapatkan dimensi struktur yang mampu untuk menahan beban yang diaplikasikan pada struktur. Pada proses ini digunakan metode percobaan berulang hingga didapatkan dimensi struktur yang kuat untuk menahan beban pada struktur serta tahan terhadap gempa. Tahan terhadap gempa disini bukan hanya mengacu pada tidak runtuhnya struktur pada simulasi gempa, tapi juga memenuhi syarat simpangan/drift tiap tingkat yaitu 2% dari tinggi tingkat seperti pada SNI 1726 - 2019 (Tata Cara

Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung). Syarat drift yang aman sangat penting untuk memastikan stabilitas, kenyamanan, dan keutuhan struktur bangunan, terutama dalam menahan beban lateral seperti gempa. Drift yang terkendali mencegah keruntuhan, melindungi elemen non-struktural dari kerusakan, dan mengurangi rasa tidak nyaman bagi penghuni akibat deformasi bangunan. Selain itu, drift yang aman memastikan bangunan memenuhi standar-standar yang berlaku, menjaga efisiensi desain, dan menghindari biaya perbaikan di masa depan, sehingga bangunan dapat berfungsi dengan optimal dan tahan lama. Data analisis gempa dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Story Drift Struktur

Gempa Static						
Story Drift Arah X akibat Gempa Static						
Level	Tinggi Lantai	Elastic	Story Drift	Amplified Drift	Allowable Story Drift	Ket.
	h_{sx} (mm)	δ_{sx} (mm)	Δ_x (mm)	δ_x (mm)	Δ_s (mm)	
3800	3800	8,78	8,78	48,29	76,00	Aman
7400	3600	17,27	8,49	46,695	72,00	Aman
11000	3600	22,12	4,85	26,675	72,00	Aman
14600	3600	25,83	3,71	20,405	72,00	Aman

Story Drift Arah Y akibat Gempa Static						
Level	Tinggi Lantai	Elastic	Story Drift	Amplified Drift	Allowable Story Drift	Ket.
	h_{sy} (mm)	δ_{sy} (mm)	Δ_y (mm)	δ_y (mm)	Δ_s (mm)	
3800	3800	9,33	9,33	51,315	76	Aman
7400	3600	18,76	9,43	51,865	72	Aman
11000	3600	24,34	5,58	30,690	72	Aman
14600	3600	28,02	3,68	20,240	72	Aman

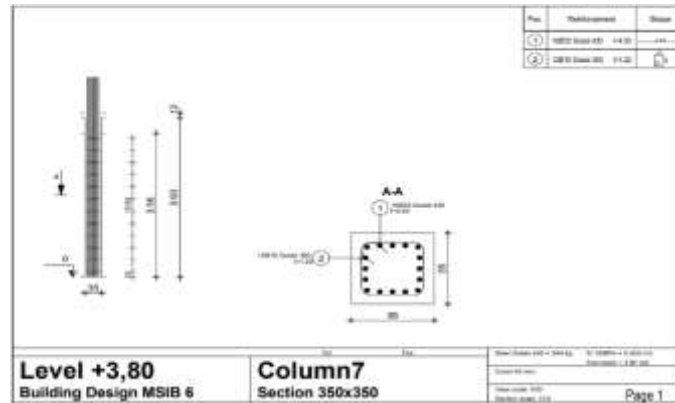
Tabel 7. Story Drift Struktur (2)

Gempa Dynamic					
Story Drift Arah X akibat Gempa Dynamic					
Level	Tinggi Lantai	Elastic	Story Drift	Allowable Story Drift	Ket.
	h_{sx} (mm)	δ_{sx} (mm)	Δ_x (mm)	Δ_s (mm)	
3800	3800	42,54	42,54	76	Aman
7400	3600	82,25	39,71	72	Aman
11000	3600	102,6	20,35	72	Aman
14600	3600	115,23	12,63	72	Aman

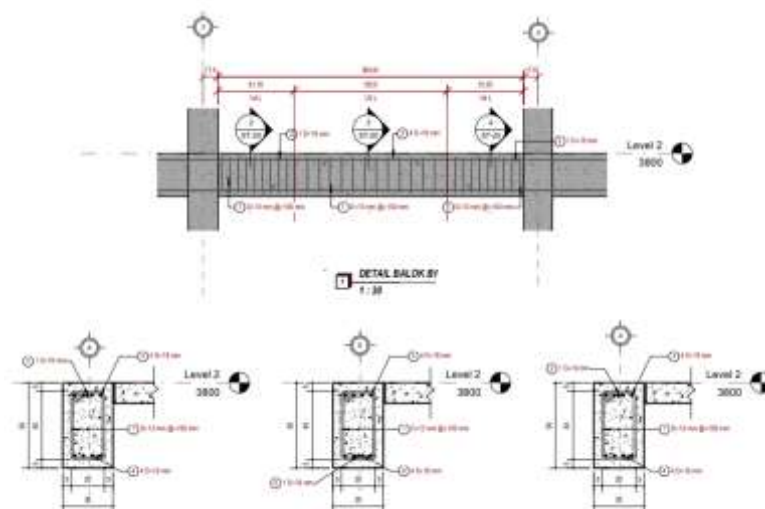
Story Drift Arah Y akibat Gempa Dynamic					
Level	Tinggi Lantai	Elastic	Story Drift	Allowable Story Drift	Ket.
	h_{sy} (mm)	δ_{sy} (mm)	Δ_y (mm)	Δ_s (mm)	
3800	3800	43,65	43,65	76	Aman
7400	3600	86,22	42,57	72	Aman
11000	3600	109,07	22,85	72	Aman
14600	3600	121,19	12,12	72	Aman

Dimensi struktur dan tulangan yang memenuhi standar sangat penting untuk menjamin kekuatan, stabilitas, dan keselamatan bangunan. Dimensi yang tepat memastikan struktur mampu menahan beban tanpa mengalami kegagalan, sementara tulangan yang sesuai standar memberikan dukungan tambahan terhadap gaya tekan, tarik, atau geser. Kepatuhan terhadap standar juga meminimalkan risiko kerusakan, meningkatkan umur bangunan, dan memastikan desain yang efisien serta aman sesuai peraturan yang berlaku. Sehingga dari data hasil analisis yang dilakukan menggunakan software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dengan berdasarkan SNI yang berlaku, maka didapatkan dimensi kolom 350x350 mm, dimensi balok 300x500 mm, dimensi pelat lantai 120 mm, dimensi dak beton 100 mm, dan dimensi pondasi 1.500 x 1.500 x 500 pada kedalaman 3.000 mm. Untuk keperluan pembesian dari masing-masing struktur didapatkan struktur kolom menggunakan tulangan utama 16D22 dan tulangan sengkang Ø12 – 300, struktur balok menggunakan tulangan utama 5D19 pada bagian atas dan 4D19 pada bagian

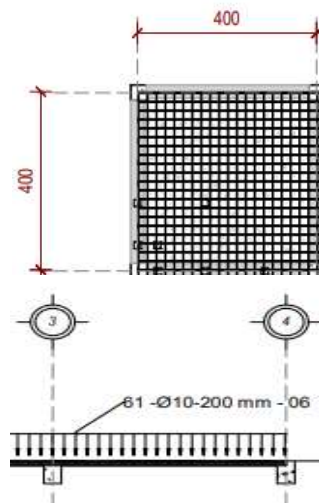
bawah serta tulangan sengkang $\varnothing 12 - 100$ untuk bagian tumpuan serta menggunakan tulangan utama 4D19 pada bagian atas dan 5D19 pada bagian bawah serta tulangan sengkang $\varnothing 12 - 150$ untuk bagian lapangan, struktur pelat lantai menggunakan tulangan $\varnothing 10 - 200$, struktur pelat dak beton menggunakan tulangan $\varnothing 10 - 200$, dan struktur pondasi menggunakan tulangan lentur D16 $- 180$ dan tulangan susut $\varnothing 12 - 180$ untuk arah X dan arah Y dari pondasi. Penggambaran detail pembesian masing-masing struktur dilakukan menggunakan kombinasi antara software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dan Revit. Hasil penggambaran detail pembesian struktur dapat dilihat pada gambar 2 sampai 6.



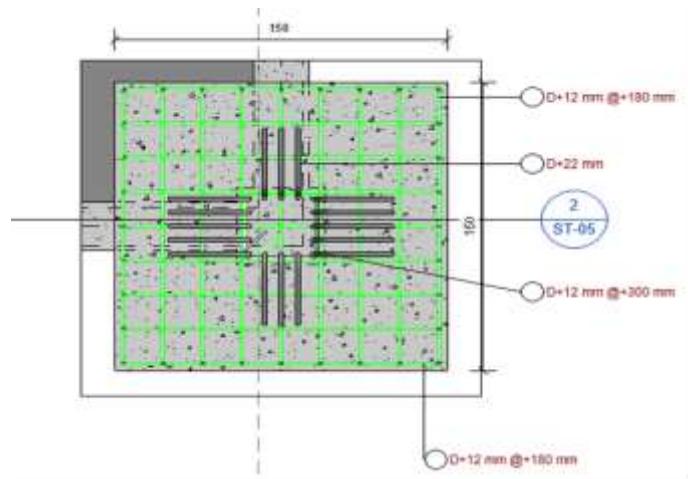
Gambar 2. Detail Pembesian Kolom



Gambar 3. Detail Pembesian Balok



Gambar 4. Detail Pembesian Pelat Lantai / Dak Beton



Gambar 5. Tampak Atas Detail Pembesian Pondasi Arah X dan Y



Gambar 6. Tampak Samping Detail Pembesian Pondasi Arah X dan Y

Robot Structural Analysis Professional (RSAP) dan Revit, sebagai software yang terintegrasi, sangat efektif diaplikasikan pada proyek yang memerlukan alur kerja berbasis BIM (Building Information Modeling). Kombinasi ini ideal untuk desain struktur bangunan yang kompleks, seperti gedung bertingkat tinggi, jembatan, atau fasilitas industri, di mana diperlukan sinkronisasi antara model arsitektural dan analisis struktural. RSAP dapat digunakan untuk melakukan analisis elemen hingga, perhitungan beban, dan desain struktur, sementara Revit memungkinkan visualisasi, dokumentasi, dan koordinasi lintas disiplin dalam satu model. Integrasi keduanya mempercepat iterasi desain, meminimalkan kesalahan akibat inkonsistensi data, serta mendukung kolaborasi yang lebih baik antar tim.

Namun, metode perhitungan ini memiliki beberapa limitasi dibandingkan metode lain. Salah satunya adalah ketergantungan pada spesifikasi hardware tinggi, karena pengolahan model besar dan kompleks memerlukan kapasitas komputasi yang signifikan. Dalam simulasi nonlinear atau analisis khusus seperti keruntuhan progresif, RSAP kurang efisien dibandingkan software spesifik seperti Abaqus. Selain itu, kompatibilitas Revit dengan software pihak ketiga dapat menjadi kendala dalam alur kerja BIM, terutama jika format data tidak sepenuhnya didukung. Validasi manual sering diperlukan untuk memastikan akurasi hasil perhitungan, khususnya pada model yang sangat kompleks atau tidak konvensional. Dibandingkan dengan metode konvensional atau software yang lebih fokus, seperti ETABS atau SAP2000, pendekatan ini juga memiliki kurva pembelajaran yang lebih curam seperti yang dapat dilihat pada penelitian “Implementasi Building Information Modeling (BIM) Dalam Analisis Struktur Menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Untuk Mengoptimalkan Value Engineering” (Hanggara dan Nurchasanah, 2023) dan “Evaluasi Kapasitas Struktur dan Respons Seismik pada Bangunan Rendah dengan Menerapkan Kerangka Building Information Modeling (BIM)” (Lumondang et al, 2022), sehingga pengguna baru mungkin membutuhkan waktu lebih lama untuk menguasainya.

4. KESIMPULAN

Penggunaan software RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dan Revit dalam analisis struktur bangunan terbukti memberikan hasil yang akurat dan efisien dalam perencanaan dan perancangan struktur. Revit memfasilitasi proses pemodelan 3D dengan detail yang tinggi, sehingga memudahkan visualisasi struktur secara keseluruhan, sementara RSAP (Robot Structural Analysis Professional) berperan penting dalam menghitung dan menganalisis kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur bangunan. Kombinasi kedua software ini memungkinkan perencanaan yang lebih terintegrasi antara desain arsitektur dan analisis struktur, yang pada gilirannya mengurangi potensi kesalahan dan meningkatkan efisiensi waktu. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur yang dianalisis dengan kedua software ini mampu memenuhi standar keamanan dan ketahanan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, penggunaan RSAP (Robot Structural Analysis Professional) dan Revit disarankan dalam proses perencanaan bangunan yang memerlukan integrasi antara desain dan analisis struktur untuk menghasilkan bangunan yang optimal dan tahan lama

DAFTAR PUSTAKA

- Firdiansyah, A., dan Irwandi, (2017), Analisis Struktur Portal 3D Menggunakan Program Autodesk Robot Structural Analysis Professional serta SAP2000, *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, Issue:1, Vol. 6, pp. 140-151.
- Fitrianto, F.W.A., Handayani, N.K., dan Setiawan, Y., (2023), Analisis Quantity Take Off dan Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Beton Rumah Tinggal Dengan BIM Autodesk Revit 2023, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, Surakarta, 21 Maret 2023.
- Habte, B., dan Guyo, E., (2021), Application Of BIM For Structural Engineering: A Case Study Using Revit and Customary Structural Analysis and Design Software, *Journal of Information Technology in Construction*, Issue:1, Vol. 26, pp. 1009-1022.
- Hanggara, H., dan Nurchasanah, Y., (2023), Implementasi Building Information Modeling (BIM) Dalam Analisis Struktur Menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Untuk Mengoptimalkan Value Engineering, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, Surakarta, 21 Maret 2023.
- Hasibuan, S.A.R.S., Azmi, F., dan Anisa, Y., (2022), Studi Perbandingan Analisis Struktur Balok Menggunakan Aplikasi Berbasis Android dan SAP2000, *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, Issue:1, Vol. 6, pp. 23-33.
- Hasyim, M.N., Winanda, L.A.R., dan Sunarwadi, H.S.W., (2023), Implementasi Robot Structural Analysis Professional dalam Optimalisasi Quantity Analysis Proyek Gedung Bertingkat, *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Era Digital 5.0 dalam Pembangunan Teknologi Hijau Berkelanjutan*, Malang, 9 Desember 2023.
- Kajja, M., Bitu, H., Taifi, N., dan Malaoui, A., (2023), Analytical and Numerical Study Of Rectangular Reinforced Concrete Beam Using Robot Structural Analysis Software, *Materials Today: Proceedings*, Issue:1, Vol. 81, pp. 1-6.
- Kirby, L., Krygiel, E., dan Kim, M., (2018), Mastering Autodesk Revit 2018, Sybex, Hoboken.
- Lumondang, A., Pradana, E.W., dan Sangadji, S., (2022), Evaluasi Kapasitas Struktur dan Respons Seismik pada Bangunan Rendah dengan Menerapkan Kerangka Building Information Modeling (BIM), *Jurnal Inersia*, Issue:2, Vol. 18, pp. 177-185.
- Maharjan, A., (2018), Structural Analysis of an Office Building with Robot Structural Analysis and Manual Calculation, *Tesis, Construction Engineering*, Häme University of Applied Sciences, Hämeenlinna.
- Ramadhandy, M.D., Handayani, N.K., dan Dwiyanto, D.S., (2023), Analisis Perbandingan Bill Of Quantity (BOQ) Dengan Menggunakan BIM Revit 2022 Terhadap Metode Konvensional Pada Pekerjaan Struktur Rumah Tinggal, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta, 21 Maret 2023.
- Sangadji, S., Kristiawan, S.A., dan Saputra, I.K., (2019), Pengaplikasian Building Information Modeling (BIM) Dalam Desain Bangunan Gedung, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Issue:1, Vol. 7, pp. 381-386, <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/38475/25492>.
- Santoso, I.S., Suroso, A., dan Amin, W., (2023), Pengaruh Tingkat Penerapan BIM 5D terhadap Kinerja Biaya Proyek Konstruksi, *Jurnal Konstruksia*, Issue:2, Vol. 14, pp. 83-92.
- Saputra, A., dan Firmanto, A., (2017), Analisis Struktur Rumah Sakit Permata Cirebon, *Jurnal Konstruksi Unsgawati Cirebon*, Issue:6, Vol. 6, pp. 565-583.
- Sutanto, F., Samsurizal, E., dan Budi, G.S., (2014), Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office dan Showroom Yamaha Pontianak, *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, Issue:12, Vol. 3, pp. 1-9.