

Analisis Simpangan Struktur pada Perencanaan Re-design Bangunan Perpustakaan POLIMDO

Rendi Manitik¹, Rilya Rumbayan², Mycle Wala³

Konstruksi Bangunan Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ^{1,2,3}
E-mail: rendimanitik@gmail.com

Abstrak

Perpustakaan Politeknik Negeri Manado (POLIMDO) menghadapi keterbatasan desain struktural untuk menahan beban gempa di zona seismik Manado ($1^{\circ}31'7.62''\text{N}$, $124^{\circ}53'8.81''\text{E}$) dan fasilitas yang usang, sehingga memerlukan perancangan ulang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang gedung perpustakaan POLIMDO menggunakan Building Information Modeling (BIM) dengan Autodesk Revit dan menganalisis simpangan struktur menggunakan Robot Structural Analysis Professional (RSAP), memastikan kepatuhan terhadap SNI 1726:2019. Metode kuantitatif dengan simulasi komputer diterapkan, menggunakan data denah bangunan, respon spektrum Manado, dan standar SNI. Hasil menunjukkan desain perpustakaan tiga lantai (luas 570 m², tinggi 13,5 m) dengan konsep green roof, skylight, dan curtain wall, serta simpangan antar lantai maksimum 40,33 mm (arah X) dan 44 mm (arah Y), di bawah batas izin 51,92 mm. Penelitian ini menghasilkan desain yang aman, modern, dan hemat biaya, serta model BIM untuk institusi vokasi. Kontribusinya adalah solusi desain perpustakaan tahan gempa yang dapat direplikasi di wilayah seismik, mendukung visi kampus POLIMDO yang inovatif.

Kata kunci — building information modeling, desain, perpustakaan, simpangan struktur, tahan gempa.

1. PENDAHULUAN

Perpustakaan memiliki peran sentral dalam mendukung proses akademik di institusi pendidikan tinggi vokasi seperti Politeknik Negeri Manado (POLIMDO), menyediakan sumber daya untuk pembelajaran dan penelitian. Namun, fasilitas perpustakaan POLIMDO saat ini menghadapi kendala serius, termasuk desain struktural yang belum mampu menahan beban gempa di wilayah Manado, yang berada pada zona seismik sedang hingga tinggi ($1^{\circ}31'7.62''\text{N}$, $124^{\circ}53'8.81''\text{E}$). Infrastruktur yang sudah usang juga membatasi kemampuan perpustakaan untuk memenuhi kebutuhan akademik modern, sehingga memerlukan perancangan ulang untuk meningkatkan keamanan dan fungsionalitas (Susanto, 2010). Di sisi lain, penggunaan teknologi Building Information Modeling (BIM) di Indonesia masih minim, padahal BIM menawarkan solusi desain terintegrasi yang meningkatkan efisiensi dan ketepatan analisis (Bui, Merschbrock, & Munkvold, 2016).

Studi ini bertujuan untuk merancang ulang gedung perpustakaan POLIMDO menggunakan BIM, dengan memanfaatkan Autodesk Revit untuk pemodelan tiga dimensi dan Robot Structural Analysis Professional (RSAP) untuk mengevaluasi simpangan struktur, memastikan desain sesuai dengan standar ketahanan gempa. Autodesk Revit, sebagai alat Building Information Modeling (BIM), memungkinkan pembuatan model digital terintegrasi yang menggabungkan data arsitektur dan struktur untuk merancang ulang perpustakaan secara efisien dan akurat. Revit mendukung visualisasi tiga dimensi, meminimalkan kesalahan desain, dan mempermudah perencanaan bangunan modern. Autodesk RSAP digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur terhadap

beban gempa, memastikan desain sesuai dengan standar ketahanan gempa nasional. Penelitian ini diharapkan menghasilkan desain perpustakaan yang aman, modern, dan hemat biaya, sekaligus menjadi contoh penerapan BIM di institusi vokasi. Kebaruan penelitian terletak pada penggabungan perancangan ulang perpustakaan vokasi dengan evaluasi simpangan struktur di wilayah rawan gempa, sebuah topik yang kurang banyak dieksplorasi dibandingkan proyek rumah sakit atau komersial.

Landasan teoretis penelitian meliputi ketahanan gempa dan simpangan struktur. (SNI-1726, 2019) mengatur batas maksimum simpangan antar lantai sebesar 0,02 kali tinggi lantai, dihitung berdasarkan percepatan spektral wilayah dan kekakuan elemen seperti kolom, balok, dan pelat (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Beban minimum untuk desain, seperti beban mati dan hidup, diatur oleh (SNI-1727, 2020). BIM mempermudah proses desain dan analisis dengan integrasi data, mengurangi kesalahan desain hingga 20% (Fernández-Mora, Navarro, & Yepes, 2022). (Bui et al., 2016) mencatat hambatan adopsi BIM di Indonesia, seperti kurangnya tenaga ahli, yang relevan untuk konteks vokasi.

Studi sebelumnya memperkuat pendekatan ini. Ardian, Suroto, & Hardiana (2022), dalam *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur* mengeksplorasi desain perpustakaan modern dengan Revit, mendukung perancangan ulang perpustakaan POLIMDO. Susanto (2010), dalam *Jurnal Pustakawan Indonesia* menggarisbawahi pentingnya pembaruan perpustakaan untuk kebutuhan akademik. Jaglien, Servie, Dapas, & Wallah (2020), dalam *Jurnal Sipil Statik* mengevaluasi struktur beton bertulang gedung lima lantai dengan RSAP, memastikan simpangan sesuai standar. Nurjannah & Ahmad Yufon (2024), dalam *Jurnal Qua Teknik* menganalisis struktur rumah empat lantai dengan RSAP, memenuhi SNI 2847:2019. Markus & Sutrisno (2023), dalam *Ge-STRAM* merancang ulang struktur baja rumah sakit dengan RSAP, lebih hemat 8% dibandingkan beton. Mauliddiana, Anisah, & Maulana (2023), dalam prosiding membahas efisiensi BIM di Indonesia. Hanggara & Nurchasanah (2023), dalam prosiding mengevaluasi BIM dan RSAP untuk optimasi biaya. Mainisa, Priana, & Zuheldi (2023), menggunakan OpenBuildings Designer untuk pemodelan 3D gedung kantor, relevan untuk stabilitas gempa. Fadhillah, Purwanto, & Basuki (2022), dalam *Jurnal Matriks Teknik Sipil* menerapkan BIM 5D untuk desain struktur, menghasilkan estimasi biaya presisi. Purwaamijaya, Masri, Hapsari, & Saputra (2022), dalam prosiding menerapkan BIM pada rumah sakit, mendukung efisiensi. Zebua (2023), dalam *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan* menganalisis simpangan struktur beton bertulang, relevan untuk analisis keamanan.

Hipotesis penelitian menyatakan bahwa BIM dengan Revit dan RSAP dapat menghasilkan desain ulang perpustakaan POLIMDO yang memenuhi SNI 1726:2019, dengan simpangan antar lantai di bawah 0,02 kali tinggi lantai, serta meningkatkan efisiensi dan estetika desain. Instrumen penelitian mencakup simulasi komputer menggunakan Revit untuk pemodelan 3D dan RSAP untuk analisis struktural. Data bersumber pada luas tanah dan bangunan, respon spektrum kota Manado, standar SNI, dan jurnal-jurnal yang relevan.

Penelitian ini memberikan kontribusi pada ilmu vokasi dengan menghadirkan model perancangan ulang perpustakaan berbasis BIM yang aman, modern, dan dapat diterapkan di institusi pendidikan lain di wilayah seismik, sejalan dengan visi POLIMDO untuk kampus yang inovatif dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan simulasi komputer untuk merancang ulang gedung perpustakaan Politeknik Negeri Manado (POLIMDO) dan menganalisis simpangan struktur menggunakan teknologi *Building Information Modeling* (BIM), yang merupakan metode pemodelan digital terintegrasi untuk desain dan analisis struktur.

2.1. Obyek dan Lokasi Perencanaan

Bangunan yang akan direncanakan adalah gedung perpustakaan Politeknik Negeri Manado, dengan 3 lantai pada tinggi masing-masing lantai 4.5 m, panjang 30 m dan lebar 19 m.

2.2. Pedoman Perencanaan

Berikut merupakan standar SNI yang digunakan:

1. (SNI-2847, 2019), yaitu Tata cara perencanaan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
2. (SNI-1726, 2019), yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
3. (SNI-1727, 2020), yaitu Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

2.3. Metode Pengumpulan Data

2.3.1. Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang sudah ada seperti gambar denah gedung perpustakaan Politeknik Negeri Manado dan data respon spektrum kota Manado.

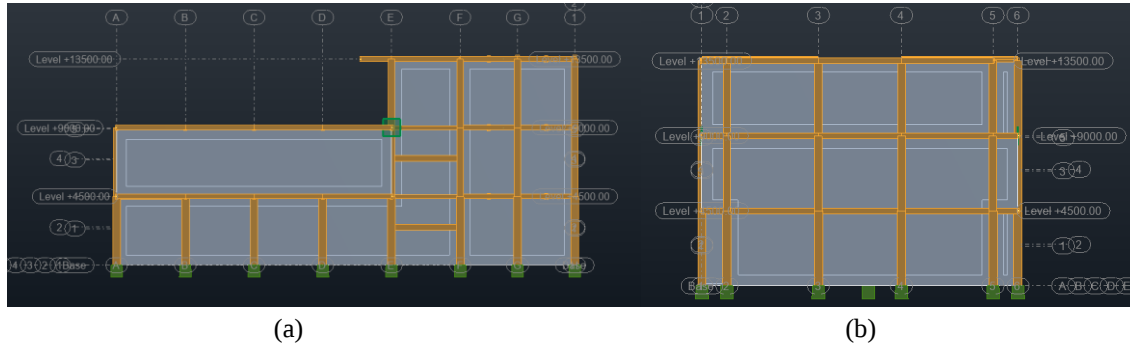
2.3.2. Pengumpulan Data Sekunder

Menggunakan standar-standar yang digunakan dalam menganalisis simpangan struktur antar lantai, kajian-kajian seperti hasil-hasil perencanaan, jurnal, dan buku literatur.

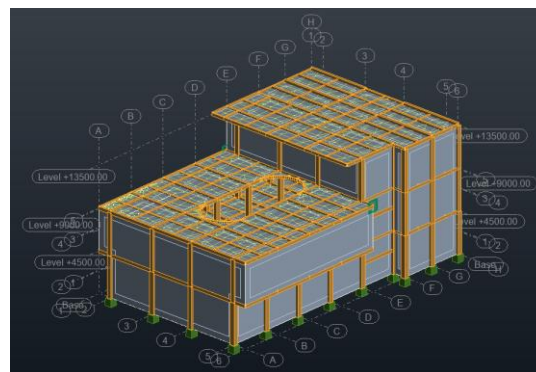
2.4. Data Bangunan

Tabel 1. Data awal bangunan

Fungsi Bangunan	Perpustakaan
Lokasi	Politeknik Negeri Manado, Kec. Mapanget, Kota Manado, Prov, Sulawesi Utara
Jumlah Lantai	3 Lantai
Tinggi bangunan	13.5 m
Tinggi Lantai	4.5 m
Panjang Gedung	30 m
Lebar Gedung	19 m
Tipe Struktur Bangunan	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Jenis Tanah	Tanah Sedang (D)
Mutu Beton	25 MPa
PRELIMINARY BALOK	
B52	500 x 250 mm
B42	400 x 200 mm
B32A	350 x 200 mm
B31B	300 x 150 mm
B21AB	250 x 150 mm
B21B	200 x 150 mm
B11AB	150 x 150 mm
PRELIMINARY KOLOM	
K45	450 x 450 mm
PRELIMINARY PELAT	
S15	150 mm



Gambar 1. Tampak depan (a) dan tampak samping (b) struktur



Gambar 2. Model 3D struktur

2.4.1. Respon Spektrum Kota Manado

Kelas Situs : SD – Tanah Sedang

SS : 1.0402 g

S1 : 0.4612 g

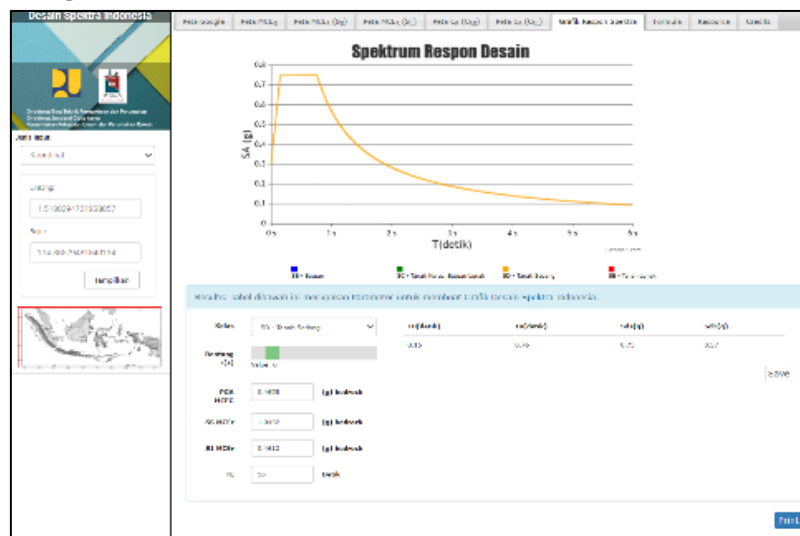
TL : 16

T0 : 0.15 detik

Ts : 0.76 detik

SDS : 0.75 g

SD1 : 0.57 g



Gambar 3. Hasil respon spektrum kota Manado

2.4.2. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan (SNI-1727, 2020) pasal 4.2.2 dan pasal 4.2.3:

Kombinasi beban metode ultimate

1.4D

$1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$

$1.2D + 1.6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$

$1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ atau } R)$

$0.9D + 1.0W$

$1.2D + E_v + E_h + L$

$0.9D - E_v + E_h$

Kombinasi beban tegangan izin

1.0D

$1.0D + 1.0L$

$1.0D + (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

$1.0D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

$1.0D + 0.6W$

$1.0D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

$0.6D + 0.6W$

$1.0D + 0.7E_v + 0.7E_h$

$1.0D + 0.525E_v + 0.525E_h + 0.75L + 0.75S$

$0.6D + 0.7E_v + 0.7E_h$

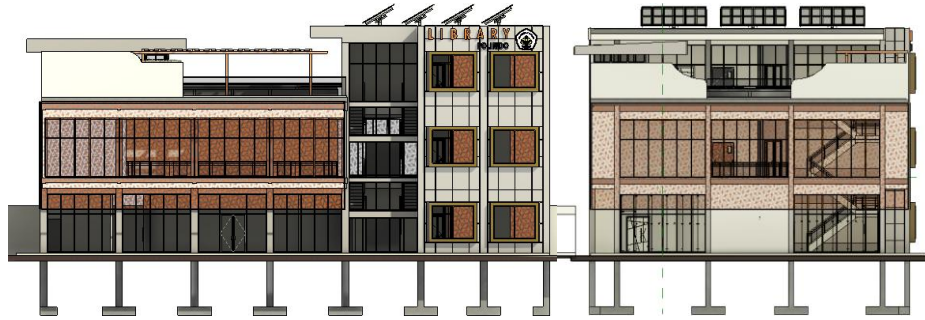
Pembebanan dianalisis dengan menggunakan program *Autodesk RSAP*, dengan memasukan beban seperti beban mati (D), beban mati tambahan (SDL), beban hidup (L), beban hidup atap (L_r), beban hujan (R), beban angin (W), dan beban gempa (E). lalu dikombinasikan untuk mendapatkan nilai momen terbesar pada elemen struktur tertentu.

2.5. Alur Penelitian

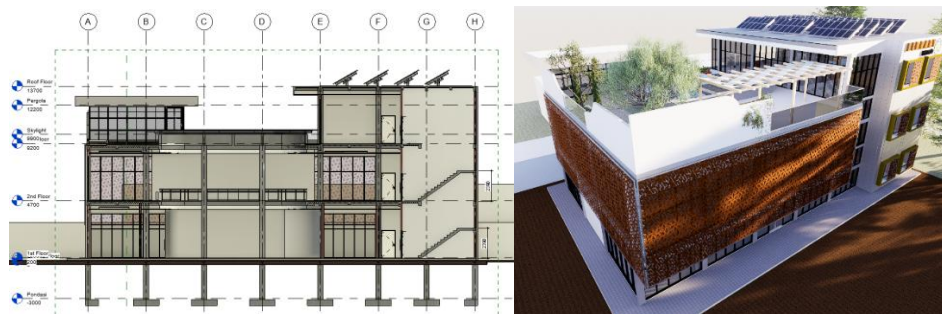
Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data awal, yang mencakup data primer seperti denah bangunan perpustakaan Politeknik Negeri Manado respon spektrum kota Manado. Selanjutnya, data sekunder seperti standar SNI untuk beton struktural, ketahanan gempa, dan beban minimum dikumpulkan untuk menjadi dasar perencanaan. Langkah berikutnya adalah merancang model tiga dimensi gedung menggunakan *Autodesk Revit*, software perangkat lunak *Building Information Modeling* (BIM), untuk menciptakan desain terintegrasi. Model ini kemudian diekspor ke *Autodesk RSAP* untuk analisis struktural, di mana beban seperti gempa, angin, dan beban hidup diterapkan sesuai kombinasi pembebanan standar. Setelah itu, hasil analisis dari *Autodeks RSAP* dievaluasi untuk memeriksa kepatuhan terhadap standar nasional, dengan fokus pada kekuatan dan stabilitas struktur. Berdasarkan evaluasi tersebut, desain dioptimalkan dengan penyesuaian jika diperlukan, menggunakan kembali *Autodesk Revit* untuk memperbarui model. Proses ini berulang hingga desain memenuhi kriteria yang ditentukan, lalu dilanjutkan dengan penyusunan artikel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari desain adalah gedung perpustakaan Politeknik Negeri Manado yang dirancang terhadap ruangan, desain yang sesuai dengan dan adanya *rooftop* yang dapat memberikan rileks dan nyaman saat di perpustakaan. Gambar kerja terdiri dari tampak depan, tampak samping, potongan, 3D modeling dan konsep desain.



Gambar 4. Tampak depan dan samping desain perpustakaan Polimdo



Gambar 5. Potongan desain dan tampilan 3D perpustakaan POLIMDO

Pada desain perpustakaan POLIMDO dengan menggunakan *Autodesk Revit* yang terintegrasi BIM, mengangkat konsep-konsep gedung dalam pengaturan cahaya alami gedung, dimana adanya penggunaan *skylight*, penggunaan *curtain wall*, dan *fasade* Gambar 7. Memberikan *green roof* pada perpustakaan di lantai 2 Gambar 6, untuk memberikan ruang yang nyaman dan ramah lingkungan, mendukung suasana yang tenang, dan dapat dimanfaatkan sebagai area baca *outdoor*.



Gambar 6. Desain *green roof* perpustakaan Polimdo

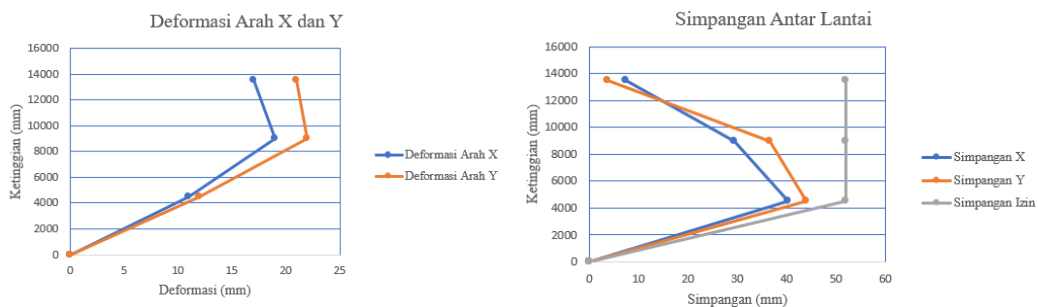


Gambar 7. Penggunaan *skylight*, *fasade*, dan *curtain wall* pada perpustakaan Polimdo

Setelah dilakukan analisis menggunakan *software Autodesk RSAP* didapatkan nilai deformasi, dimana nilai deformasi tertinggi pada arah X yaitu sebesar 11 mm dan arah Y sebesar 12 mm, seperti pada Tabel 2

Tabel 2. Nilai deformasi arah X dan Y

Story	H (mm)	Deformasi X, δ_{ix} (mm)	Deformasi Y, δ_{iy} (mm)
3	4500	2	1
2	4500	8	10
1	4500	11	12



Gambar 8. Deformasi dan Simpangan Antar Lantai arah X dan Y terhadap beban gempa

Kontrol simpangan struktur didapatkan hasil dari *Autodesk RSAP* untuk nilai deformasinya dan dilanjutkan perhitungan di *microsoft excel*, adalah Tabel 3

Tabel 3. Hasil kontrol simpangan struktur terhadap gempa arah X dan Y

Story	H	Deformasi		Simpangan				Simpangan Ijin	Cek
	mm	δX	δY	$\Delta I X$	$\Delta I Y$	$\Delta i./I_e$	$\Delta i./I_e$	$\Delta a/p$	
1	4500	11	12	11	12	40.33	44	51.92	OK
2	4500	19	22	8	10	29.33	36.67	51.92	OK
3	4500	17	21	2	1	7.33	3.67	51.92	OK

Dari kontrol simpangan hasil yang didapat bahwa simpangan yang terjadi masih dibatas aman dengan simpangan yangizinkan sebesar 51.92 mm dan nilai terbesar simpangan arah X sebesar 40.33 mm dan simpangan arah Y sebesar 44 mm Gambar 8. Hal ini memberikan penjelasan tentang pertimbangan pengendalian terjadinya simpangan antar lantai sesuai dengan (SNI-1726, 2019), yang menetapkan batas simpangan maksimum berdasarkan tinggi lantai dan faktor reduksi ρ . Batas simpangan dihitung sesuai dengan SNI 1726 2019 tabel 20. Dengan tinggi tiap lantai 4.5 m dan faktor reduksi ρ sebesar 1,3 untuk bangunan dengan kategori seismik D, maka batas simpangan total diizinkan adalah 51,92 mm. Hasil simpangan 40,33 mm (X) dan 44 mm (Y) berada di bawah batas ini , menunjukkan bahwa struktur perpustakaan Polimdo dengan mutu beton 25 MPa memenuhi persyaratan ketahanan gempa.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang ulang gedung perpustakaan Politeknik Negeri Manado (POLIMDO) menggunakan *Building Information Modeling (BIM)* dengan *Autodesk Revit* dan menganalisis simpangan struktur menggunakan *Autodesk Robot Structural Analysis Professional*

(RSAP), menjawab permasalahan desain struktural yang tidak memadai dan fasilitas usang di zona seismik Manado. Hasilnya adalah desain perpustakaan tiga lantai (luas 570 m², tinggi 13,5 m) dengan konsep *modern* seperti *green roof*, *skylight*, dan *curtain wall*, yang meningkatkan estetika dan kenyamanan. Analisis simpangan struktur menunjukkan deformasi maksimum 40,33 mm (arah X) dan 44 mm (arah Y), di bawah batas izin sebesar 51,92 mm, memastikan keamanan terhadap gempa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Manado, khususnya Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada rekan mahasiswa dan staf teknis yang turut membantu dalam pengumpulan data dan simulasi komputer. Semua kontribusi ini sangat berarti dalam menghasilkan artikel yang mendukung visi kampus POLIMDO untuk inovasi dan keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardian, D., Suroto, W., & Hardiana, A. (2022). PENERAPAN ARSITEKTUR HIJAU PADA DESAIN PERPUSTAKAAN UMUM KOTA SURAKARTA. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur*, 5(1), 13–22. Retrieved from <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong/index>
- Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. E. (2016). A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries. In *Procedia Engineering* (Vol. 164, pp. 487–494). Elsevier Ltd. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.649>
- Fadhilah, A. F., Purwanto, E., & Basuki, A. (2022). APLIKASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 10(3), 264–271. Retrieved from <https://doi.org/10.20961/mateksi.v10i3.55999>
- Fernández-Mora, V., Navarro, I. J., & Yepes, V. (2022). Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 53. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104318>
- Hanggara, H. N., & Nurchasanah, Y. (2023). IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM ANALISIS STRUKTUR MENGGUNAKAN AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL UNTUK MENGOPTIMALKAN VALUE ENGINEERING. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023* (pp. 693–698). Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jaglien, F., Servie, L., Dapas, O., & Wallah, S. E. (2020). PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG KULIAH 5 LANTAI. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482.
- Mainisa, Priana, S. E., & Zuheldi. (2023). Implementasi BIM dalam Permodelan 3D Pembangunan Gedung Kantor Cabang BRI Batusangkar Menggunakan Software Openbuildings Designer. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, (3), 147–155.
- Markus, R. R., & Sutrisno, B. (2023). Alternatif Desain Struktur Gedung Rumah Sakit Royal 7 Lantai Surabaya Menggunakan Struktur Baja Dengan Analisis Autodesk Robot. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 6(1), 1–6. Retrieved from <https://doi.org/10.25139/jprs.v6i1.4755>
- Mauliddiana, S. Z., Anisah, & Maulana, A. (2023). STUDI LITERATUR PENGGUNAAN PERANGKAT IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM

PENYELENGGARAAN KONSTRUKSI DI INDONESIA. In *Prosiding Seminar Pendidikan Kejuruan dan Teknik Sipil*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/373872576>

Nurjannah, S. T., & Ahmad Yufon, M. (2024). ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN RUMAH 4 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK ROBOT PERUMAHAN MALANG. *Jurnal Qua Teknik*, (16). Retrieved from <https://doi.org/10.35457/quateknika.v9i1.xxx>

Purwaamijaya, I. M., Masri, R. M., Hapsari, A. S., & Saputra, Y. A. (2022). IMPLEMENTASI BIM PADA PEMBANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT. *Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke - 16*, 918–925. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/390178481>

SNI-1726. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*.

SNI-1727. (2020). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.

SNI-2847. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung 1*. Jakarta.

Susanto, S. E. (2010). DESAIN DAN STANDAR PERPUSTAKAAN DIGITAL. *Jurnal Pustakawan Indonesia*, 10(2), 17–23.

Zebua, D. (2023). ANALISIS DISPLACEMENT STRUKTUR BETON BERTULANG PADA GEDUNG RUMAH SAKIT. *Jurnal Penelitian Jalan Dan Jembatan*, 3(1), 20–25.
