



Rangkiang Jurnal

Vol. 2, No. 2, Hal. 168-178

Diterima 9 Oktober 2026; Direvisi 12 Oktober 2026; Dipublikasi 18 Oktober 2026

EVALUASI PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI BERBASIS ANALISIS RETROSPEKTIF DENGAN BIM 4D PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN BUKITTINGGI

Hilman Arifin Muhamad^{ID}, Ana Susanti Yusman^{ID}, Deddy Kurniawan^{ID}

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, Indonesia

Abstrak. Keterlambatan masih menjadi permasalahan utama pada proyek konstruksi pemerintah di Indonesia, namun evaluasi jadwal secara retrospektif menggunakan Building Information Modeling (BIM) 4D masih jarang dilakukan dibandingkan pendekatan prediktif. Penelitian ini bertujuan menghasilkan representasi BIM 4D dari jadwal rencana dan aktual, mengukur deviasi waktu berdasarkan item pekerjaan maupun minggu pelaksanaan, serta mengidentifikasi pekerjaan kritis penyebab keterlambatan pada Proyek Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi. Metode penelitian meliputi pemodelan bangunan dengan Autodesk Revit berdasarkan Detail Engineering Design (DED), diintegrasikan dengan dua skenario jadwal melalui fitur Timeliner pada Autodesk Navisworks, serta perhitungan Schedule Variance (SV) terhadap 27 item pekerjaan dan 31 minggu pelaksanaan. Hasil menunjukkan proyek mengalami perpanjangan dari 30 menjadi 31 minggu melalui addendum. Dari 27 item pekerjaan, 3 item Sangat Terlambat, 4 Terlambat, 18 Sesuai Rencana, dan 2 dihapus. Deviasi mingguan terbesar terjadi pada Minggu ke-16 ($SV = -16,28\%$). Tiga pekerjaan kontributor utama keterlambatan adalah Dinding Geser Lantai 2, Kolom +12,00, dan Atap, disebabkan kekurangan tenaga kerja terampil, keterlambatan material, cuaca, dan revisi desain. Visualisasi BIM 4D terbukti mampu mengidentifikasi elemen bangunan yang tertinggal secara spasial, sesuatu yang tidak dapat ditunjukkan metode konvensional seperti bar chart dan kurva S.

Kata kunci: *building information modeling 4D; autodesk navisworks; analisis retrospektif; deviasi jadwal; schedule variance*

*Penulis Korespondensi : hilmanarifin44@gmail.com

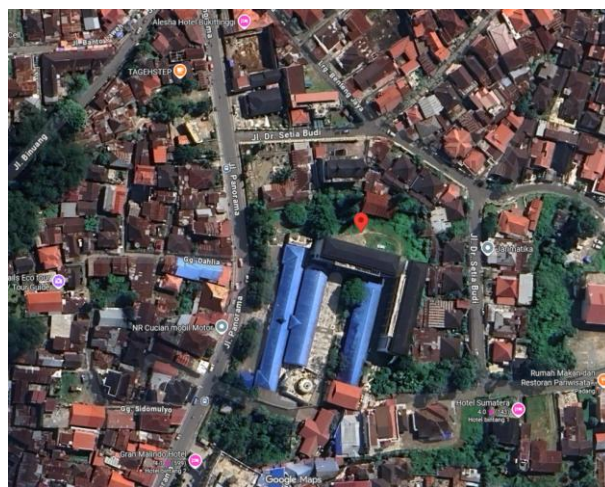
1. PENDAHULUAN

Keterlambatan proyek konstruksi dapat menyebabkan pembengkakan biaya dan tertundanya pemanfaatan fasilitas publik. Penelitian di Sumatera Barat menunjukkan bahwa keterlambatan dipengaruhi oleh faktor komunikasi, kondisi lingkungan, material, peralatan, dan penjadwalan (Yulia et al., 2025; Salsabila et al., 2025). Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi pelaksanaan proyek adalah Building Information Modeling (BIM) 4D, yaitu integrasi model tiga dimensi (3D) dengan informasi waktu pelaksanaan untuk memvisualisasikan urutan pekerjaan konstruksi (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011). Namun, penerapan BIM 4D untuk evaluasi retrospektif melalui pengukuran deviasi jadwal secara kuantitatif berdasarkan item pekerjaan dan minggu pelaksanaan masih perlu dikembangkan (Ortenburger & Hartmann, 2021; Kautsar, 2025; Harleris, 2024).

Penelitian ini mengkaji Proyek Pembangunan Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi dengan nilai kontrak Rp7.999.893.600,00, durasi rencana 30 minggu, dan durasi aktual 31 minggu akibat penambahan waktu melalui addendum kontrak. Penelitian bertujuan menerapkan BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks untuk memvisualisasikan jadwal rencana dan aktual, mengukur deviasi jadwal menggunakan *Schedule Variance* (SV) pada setiap item pekerjaan dan minggu pelaksanaan, serta mengidentifikasi pekerjaan yang mengalami keterlambatan signifikan beserta faktor penyebabnya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi pelaksanaan proyek dan meningkatkan efektivitas pengendalian jadwal konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

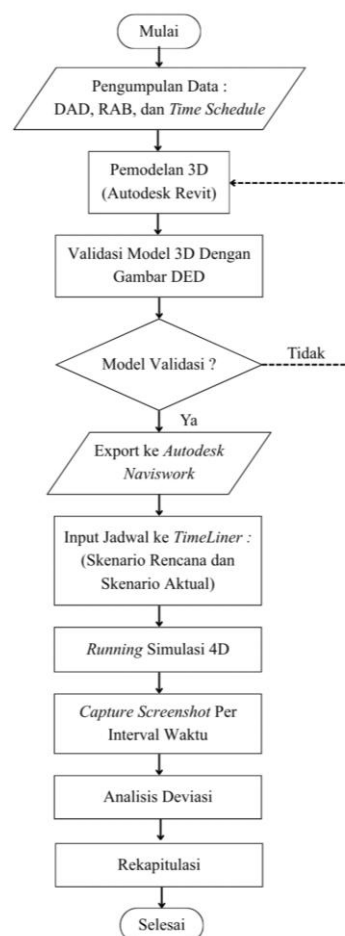
Penelitian ini merupakan studi kasus dengan pendekatan mixed methods pada Proyek Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi, yang berlokasi di Jalan Panorama, Kelurahan Kayu Kubu, Kecamatan Guguk Panjang, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat (Gambar 1). Bangunan terdiri dari 3 lantai dengan luas total 1.018 m², dilaksanakan oleh CV. Cakrawala Perkasa dengan konsultan pengawas PT. Synpra Engineering Consultant.



Gambar 1: Lokasi Penelitian (Sumber: Google Maps, 2026)

Populasi penelitian adalah seluruh item pekerjaan pada Time Schedule Proyek Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi, dengan sampel penelitian berupa 27 item pekerjaan yang tercatat pada Time Schedule rencana dan aktual selama 31 minggu masa pelaksanaan. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi gambar Detail Engineering Design (DED), Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta Time Schedule rencana dan aktual, yang diperoleh dari konsultan pengawas PT. Synpra Engineering Consultant. Data sekunder diperoleh dari studi literatur berupa jurnal nasional dan internasional serta dokumentasi resmi Autodesk Navisworks.

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui tiga tahapan. Pertama, studi dokumentasi proyek untuk mengumpulkan DED, RAB, dan Time Schedule rencana maupun aktual. Kedua, digitalisasi model dan simulasi 4D, yaitu pemodelan bangunan menggunakan Autodesk Revit berdasarkan DED, kemudian model diekspor dan diintegrasikan dengan dua skenario jadwal (baseline dan as-built) melalui fitur Timeliner pada Autodesk Navisworks Manage untuk menghasilkan simulasi BIM 4D (Autodesk, 2025). Ketiga, analisis retrospektif, yaitu membandingkan jadwal rencana dan aktual secara visual maupun kuantitatif, menghitung deviasi pada setiap item pekerjaan dan setiap minggu pelaksanaan, serta mengidentifikasi pekerjaan kritis dan akar penyebab keterlambatan.



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

Teknik analisis data dilakukan dengan menghitung Schedule Variance (SV), yaitu selisih antara bobot kumulatif aktual dan bobot kumulatif rencana pada suatu titik waktu (Project Management Institute, 2021), sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (1).

$$SV (\%) = \text{Bobot Aktual} - \text{Bobot Rencana} (1)$$

Analisis dilakukan dari dua sudut pandang. Pertama, deviasi dihitung berdasarkan item pekerjaan, yaitu membandingkan durasi rencana dan aktual pada masing-masing dari 27 item pekerjaan. Kedua, deviasi dihitung berdasarkan minggu pelaksanaan, yaitu membandingkan bobot kumulatif rencana dan aktual pada setiap minggu selama 31 minggu masa pelaksanaan. Nilai SV negatif menunjukkan progres tertinggal dari rencana, sedangkan nilai SV positif menunjukkan progres lebih cepat. Klasifikasi tingkat keterlambatan mengacu pada kriteria pada Tabel 1.

Tabel 1: Kriteria Klasifikasi Deviasi Jadwal (Sumber: www.blog.novatr.com, 2024)

No.	Kategori	Nilai SV (%)	Status
1	Sangat Terlambat	$SV < -10\%$	Kritis, perlu percepatan segera
2	Terlambat	$-10\% \leq SV < -5\%$	Perlu tindakan korektif
3	Sedikit Terlambat	$-5\% \leq SV < 0\%$	Masih toleransi, perlu dipantau
4	Sesuai Rencana	$SV = 0\%$	Tepat waktu
5	Lebih Cepat	$SV > 0\%$	Lebih cepat dari rencana

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

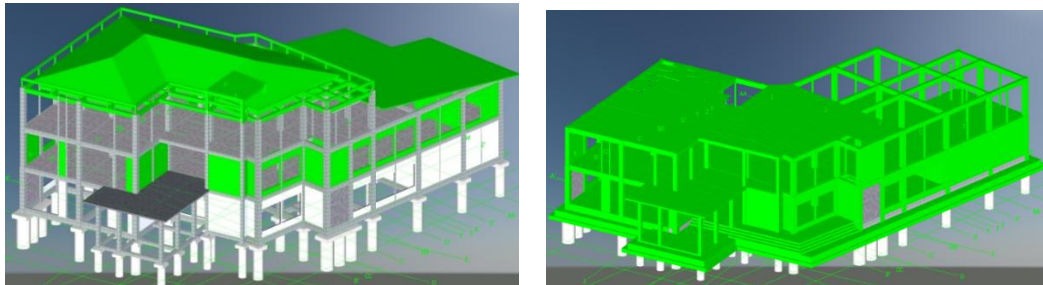
3.1 Pemodelan 3D dan Simulasi BIM 4D

Model 3D bangunan dikembangkan menggunakan Autodesk Revit berdasarkan gambar DED, menghasilkan 1.276 objek yang terbagi dalam 11 kategori elemen struktur dan arsitektur pada 3 lantai bangunan (Gambar 3).



Gambar 3: Model 3D Keseluruhan Gedung Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi (Sumber: Hasil Pemodelan Autodesk Revit, 2026)

Model kemudian diekspor ke Autodesk Navisworks Manage dan diintegrasikan dengan fitur Timeliner untuk menghasilkan dua skenario simulasi 4D. Perbandingan tampilan simulasi pada minggu ke-15 (Gambar 4) memperlihatkan bahwa pada jadwal rencana, struktur atap dan sebagian dinding lantai 2 seharusnya telah mulai dikerjakan, sedangkan pada kondisi aktual elemen-elemen tersebut belum terpasang.



Gambar 4: Perbandingan Simulasi BIM 4D Jadwal Rencana (kiri) dan Aktual (kanan) pada Minggu ke-15 (Sumber: Hasil Simulasi Autodesk Navisworks, 2026)

Perbedaan visual-spasial semacam ini menjadi keunggulan utama BIM 4D dibandingkan metode pemantauan konvensional, karena mampu menunjukkan secara langsung elemen bangunan mana yang mengalami keterlambatan, sesuatu yang tidak diperoleh pada penelitian berbasis kuesioner seperti Salsabila et al. (2025) maupun Yulia et al. (2025).

3.2 Analisis Deviasi Jadwal Berdasarkan Item Pekerjaan

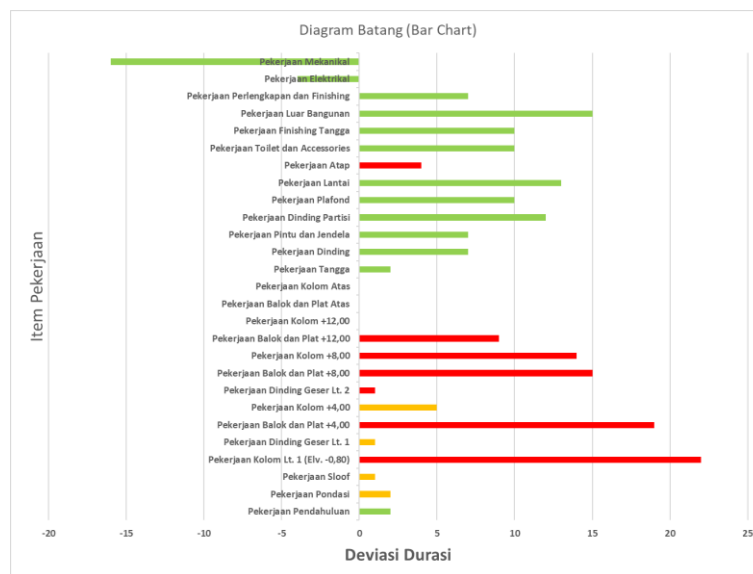
Hasil perhitungan Schedule Variance (SV) terhadap 27 item pekerjaan pada Time Schedule disajikan pada Tabel 2. Analisis menunjukkan bahwa deviasi tidak terjadi secara merata pada seluruh pekerjaan, melainkan terkonsentrasi pada sejumlah kecil item pekerjaan tertentu.

Tabel 2: Analisis Deviasi Durasi per Item Pekerjaan

No.	Item Pekerjaan	Deviasi Durasi	SV (%)	Status
1	Pendahuluan	+2 minggu	0,00	Sesuai Rencana
2	Pondasi	+2 minggu	-7,62	Terlambat
3	Sloof	+1 minggu	-7,62	Terlambat
4	Kolom Lt. 1 (Elv. -0,80)	+22 minggu	0,00	Sesuai Rencana
5	Dinding Geser Lt. 1	+1 minggu	-7,10	Terlambat
6	Balok dan Plat +4,00	+19 minggu	0,00	Sesuai Rencana
7	Kolom +4,00	+5 minggu	-9,55	Terlambat
8	Dinding Geser Lt. 2	+1 minggu	-16,28	Sangat Terlambat
9	Balok dan Plat +8,00	+15 minggu	0,00	Sesuai Rencana
10	Kolom +8,00	+14 minggu	0,00	Sesuai Rencana
11	Balok dan Plat +12,00	+9 minggu	0,00	Sesuai Rencana

No.	Item Pekerjaan	Deviasi Durasi	SV (%)	Status
12	Kolom +12,00	0 minggu (tepat)	-12,48	Sangat Terlambat
13	Balok dan Plat Atas	Dihapus (Addendum)	N/A	Dihapus
14	Kolom Atas	Dihapus (Addendum)	N/A	Dihapus
15	Tangga	+2 minggu	0,00	Sesuai Rencana
16	Dinding	+7 minggu	0,00	Sesuai Rencana
17	Pintu dan Jendela	+7 minggu	0,00	Sesuai Rencana
18	Dinding Partisi	+12 minggu	0,00	Sesuai Rencana
19	Plafond	+10 minggu	0,00	Sesuai Rencana
20	Lantai	+13 minggu	0,00	Sesuai Rencana
21	Atap	+4 minggu	-11,39	Sangat Terlambat
22	Toilet dan Accessories	+10 minggu	0,00	Sesuai Rencana
23	Finishing Tangga	+10 minggu	0,00	Sesuai Rencana
24	Luar Bangunan	+15 minggu	0,00	Sesuai Rencana
25	Perlengkapan dan Finishing	+7 minggu	0,00	Sesuai Rencana
26	Elektrikal	-4 minggu	0,00	Sesuai Rencana
27	Mekanikal	-16 minggu	0,00	Sesuai Rencana

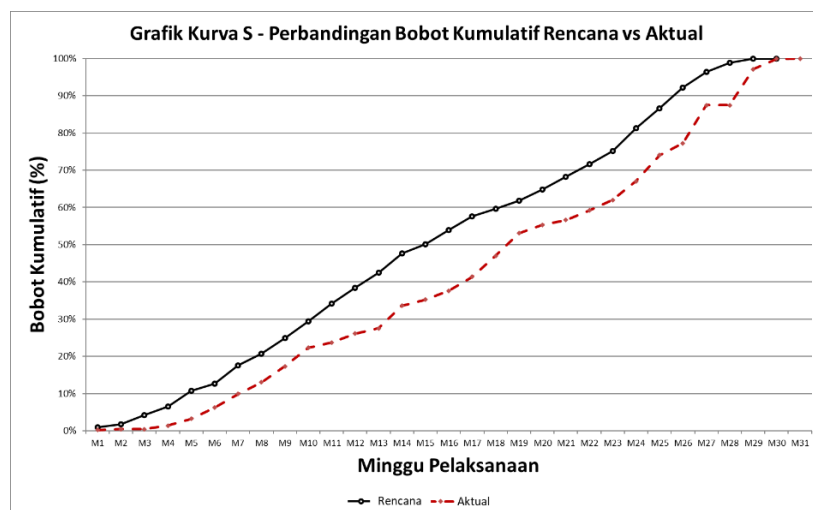
Sejumlah pekerjaan struktur seperti Kolom Lt. 1 dan Balok dan Plat +4,00 hingga +12,00 mengalami perpanjangan durasi pelaksanaan yang cukup besar (mencapai 22 minggu), namun tetap tercatat SV = 0,00% karena pekerjaan tersebut baru berakhir bersamaan dengan pencapaian bobot kumulatif 100% pada masa addendum. Dua item pekerjaan (Balok dan Plat Atas, serta Kolom Atas) dihapus melalui addendum akibat perubahan desain. Visualisasi deviasi durasi per item pekerjaan pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa pekerjaan yang ditandai warna merah (Kolom Lt. 1, Sloof, Kolom +4,00, Dinding Geser Lt. 2, Kolom +12,00, dan Atap) merupakan pekerjaan yang secara konsisten tertinggal dari rencana.



Gambar 5: Diagram Batang Deviasi Durasi per Item Pekerjaan (Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

3.3 Analisis Deviasi Jadwal Berdasarkan Minggu Pelaksanaan

Deviasi jadwal juga dianalisis berdasarkan minggu pelaksanaan dengan membandingkan bobot kumulatif rencana dan aktual pada setiap minggu selama 31 minggu masa pelaksanaan. Hasil perbandingan divisualisasikan dalam bentuk kurva S pada Gambar 5.



Gambar 6: Kurva S Perbandingan Bobot Kumulatif Rencana dan Aktual (Sumber: Hasil Analisis Data, 2026)

Kurva aktual berada di bawah kurva rencana hampir sepanjang durasi pelaksanaan. Deviasi bobot kumulatif terbesar terjadi pada Minggu ke-16 dengan

SV sebesar -16,28%, berada pada rentang Minggu ke-11 hingga Minggu ke-28 yang secara konsisten menunjukkan status “Sangat Terlambat” hingga “Terlambat”. Pada akhir pelaksanaan kedua kurva bertemu di titik 100%, menunjukkan bahwa proyek berhasil diselesaikan melalui percepatan pada minggu-minggu akhir serta perpanjangan waktu satu minggu melalui addendum. Rekapitulasi kategori keterlambatan dari sudut pandang item pekerjaan dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3: Rekapitulasi Kategori Keterlambatan per Item Pekerjaan

Kategori	Jumlah Item	Persentase
Sesuai Rencana	18	66,7%
Terlambat	4	14,8%
Sangat Terlambat	3	11,1%
Dihapus (Addendum)	2	7,4%
Total	27	100%

3.4 Identifikasi Pekerjaan Kritis dan Faktor Penyebab

Tiga pekerjaan dengan kategori Sangat Terlambat ($SV < -10\%$) diidentifikasi sebagai kontributor utama keterlambatan proyek, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Pekerjaan Kritis Penyebab Utama Keterlambatan

Item Pekerjaan	SV (%)	Deviasi Durasi	Faktor Penyebab Utama
Dinding Geser Lt. 2	-16,28%	+1 minggu	Kekurangan tenaga kerja terampil; akumulasi keterlambatan struktur Lt. 1
Kolom +12,00	-12,48%	0 minggu (tepat)	Efek domino keterlambatan struktur di bawahnya; revisi spesifikasi via addendum
Atap	-11,39%	+4 minggu	Keterlambatan pengiriman material; efek domino kolom & dinding geser; cuaca hujan

Pekerjaan Dinding Geser Lantai 2 mengalami deviasi terbesar ($SV = -16,28\%$) akibat kekurangan tenaga kerja terampil pada fase penulangan dan pengecoran, yang diperparah oleh akumulasi keterlambatan pada pekerjaan struktur Lantai 1 sebelumnya. Pekerjaan Kolom +12,00 ($SV = -12,48\%$) merupakan dampak berantai (efek domino) dari keterlambatan struktur di bawahnya, ditambah kebutuhan penyesuaian akibat revisi spesifikasi teknis melalui addendum. Pekerjaan Atap ($SV = -11,39\%$) terlambat akibat kombinasi keterlambatan pengiriman material dari pemasok, efek domino dari pekerjaan kolom dan dinding geser, serta kondisi cuaca hujan yang menghambat aktivitas pengecoran.

Secara umum, empat faktor utama teridentifikasi sebagai penyebab keterlambatan pada proyek ini, yaitu: (1) kondisi cuaca berupa curah hujan tinggi yang menghambat pekerjaan pengecoran; (2) keterlambatan pengiriman material tulangan baja dari pemasok; (3) kekurangan tenaga kerja terampil pada fase kritis penulangan dan pengecoran dinding geser; dan (4) revisi desain melalui mekanisme addendum kontrak. Temuan ini sejalan dengan penelitian Yulia et al. (2025) yang juga mengidentifikasi curah hujan tinggi dan ketidaktepatan jadwal sebagai faktor dominan keterlambatan proyek DAK di Sumatera Barat, serta Salsabila et al. (2025) yang menemukan faktor material dan peralatan sebagai kontributor dominan pada proyek gedung di Padang Panjang. Perbedaannya, kedua penelitian tersebut mengidentifikasi faktor secara umum melalui kuesioner, sedangkan penelitian ini mampu menunjukkan secara spesifik item pekerjaan dan lokasi spasial elemen bangunan yang menjadi sumber keterlambatan melalui visualisasi BIM 4D.

3.5 Diskusi

Dibandingkan dengan penelitian Kautsar (2025) yang menerapkan BIM 4D secara prediktif untuk memantau proyek berjalan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan retrospektif juga memberikan nilai evaluatif yang tinggi, karena mampu mengungkap pola keterlambatan yang baru dapat teridentifikasi setelah proyek selesai dilaksanakan. Analisis dari dua sudut pandang, yaitu per item pekerjaan dan per minggu pelaksanaan, saling melengkapi dan menghasilkan temuan yang konsisten: rentang Minggu ke-11 hingga ke-28 pada kurva S bertepatan dengan periode pelaksanaan tiga pekerjaan kritis yang teridentifikasi pada analisis per item pekerjaan.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa visualisasi BIM 4D memberikan nilai tambah dibandingkan metode konvensional seperti bar chart, kurva S, maupun survei kuesioner sebagaimana digunakan pada penelitian Salsabila et al. (2025) dan Yulia et al. (2025), karena mampu menunjukkan lokasi spasial elemen bangunan yang mengalami keterlambatan secara langsung. Kombinasi visualisasi spasial dengan perhitungan Schedule Variance secara kuantitatif memberikan gambaran yang lebih komprehensif bagi pengawas maupun pengambil kebijakan, khususnya Dinas PUPR Kota Bukittinggi, dalam mengevaluasi kinerja waktu proyek konstruksi pemerintah. Temuan bahwa keterlambatan bersifat multifaktor dan saling berantai antarpekerjaan sejalan dengan prinsip pengendalian operasi (Heizer & Render, 2015). Ke depan, fitur clash detection pada Navisworks juga berpotensi dimanfaatkan untuk mendeteksi konflik antarelemen model sebelum pelaksanaan (BIMWorkplace, 2025; Zhang et al., 2013). Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa cakupan studi kasus pada satu proyek dan pemodelan yang belum mencakup elemen Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (MEP) secara rinci, sehingga generalisasi temuan pada proyek DAK sejenis lainnya memerlukan kajian lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan representasi BIM 4D dari jadwal rencana dan aktual Proyek Gedung Fasilitas Layanan Perpustakaan Umum Kota Bukittinggi melalui integrasi model 3D Autodesk Revit sebanyak 1.276 objek elemen bangunan dengan fitur Timeliner pada Autodesk Navisworks Manage, menghasilkan simulasi jadwal rencana berdurasi 30 minggu dan jadwal aktual berdurasi 31 minggu berdasarkan Addendum ke-5. Hasil analisis Schedule Variance yang ditinjau dari item pekerjaan maupun minggu pelaksanaan menunjukkan bahwa deviasi terkonsentrasi pada sejumlah kecil item dan periode tertentu: dari 27 item pekerjaan, 3 item Sangat Terlambat, 4 Terlambat, 18 Sesuai Rencana, dan 2 dihapus melalui addendum, dengan deviasi mingguan terbesar pada Minggu ke-16 (SV = -16,28%).

Tiga pekerjaan teridentifikasi sebagai kontributor utama keterlambatan, yaitu Dinding Geser Lantai 2, Kolom +12,00, dan Atap, disebabkan oleh kekurangan tenaga kerja terampil, keterlambatan material, cuaca, dan revisi desain. Kontribusi penelitian ini adalah kerangka analisis dua sudut pandang (item pekerjaan dan mingguan) yang belum banyak diterapkan pada penelitian retrospektif BIM 4D sebelumnya, serta bukti bahwa visualisasi BIM 4D unggul dalam mengidentifikasi elemen bangunan yang tertinggal secara spasial dibandingkan metode konvensional maupun survei kuesioner. Keterbatasan penelitian ini adalah cakupan pada satu studi kasus dan pemodelan yang belum mencakup elemen MEP secara rinci. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan analisis ke arah BIM 5D untuk mengaitkan deviasi jadwal dengan dampak biaya, serta melakukan studi komparatif pada beberapa proyek DAK sejenis di Sumatera Barat guna memperkuat generalisasi temuan.

5. REFERENSI

- Abma, V., Rahma Nastiti, A., & Ramadhani, F. (2024). Barriers to implementing Common Data Environment (CDE) in the construction phase of BIM-based projects. 29(2).
- Autodesk. (2025). Navisworks overview. <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
- BIMWorkplace. (2025). Clash detection in BIM: Why BIM managers should care (a lot). <https://bimworkplace.com/clash-detection-in-construction/>
- Design Solutions Inc. (2025). 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D: Dynamic dimension of BIM. <https://dsi-me.com/blog/dimension-of-bim/>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Harleris, D. (2024). Perbandingan metode konvensional dan Building Information Modeling pada penjadwalan proyek Gedung DPRD Jawa Tengah [Skripsi, belum dipublikasikan].
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (11th ed.). Pearson.

- Kautsar, R. (2025). Penerapan BIM 4D pada penjadwalan proyek Gedung Perpustakaan Kabupaten Bantaeng [Skripsi, belum dipublikasikan].
- Khasafaldo, A., Kurniawan, D., & Priana, S. E. (2026). Implementasi Building Information Modeling (BIM) pada pemodelan Gedung Pusat Perkantoran MTS Muhammadiyah Limo Kaum menggunakan aplikasi Open Building. *Progressive: Journal of Advanced Engineering and Technology*.
- Ortenburger, S., & Hartmann, T. (2021). Supporting the Last Planner System with 4D BIM. <https://doi.org/10.14279/depositonce-11729>
- Procore. (2025). 4D BIM: Combining BIM & scheduling. <https://www.procore.com/library/4d-bim>
- Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (7th ed.). Project Management Institute.
- Rahman, A., & Susanti Yusman, A. (n.d.). Implementasi Building Information Modeling (BIM) pada proyek pembangunan struktur Gedung Revitalisasi UPT SDN 31 Sungai Lambai Kabupaten Solok Selatan.
- Salsabila, G., Eka Priana, S., & Hafnil, J. (2025). Analisis faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi (studi kasus: RSI Ibnu Sina Padang Panjang). *Rangkiang Jurnal*, 1(1), 50–58. <https://rangkiangjurnal.com/index.php/rangkiang/article/view/17>
- Tanne, Y. A., Rivana, D., Ramadan, R., & Farhani, S. (2025). BIM for efficiency and sustainability in construction: A case study in Indonesia. *Discover Civil Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00228-6>
- Yulia, Ishak, & Kurniawan, D. (2025). Analisis faktor keterlambatan pekerjaan fisik Dana Alokasi Khusus (DAK) pada Bidang Bina Marga DPUPR Kabupaten Pasaman Barat. *Rangkiang Jurnal*, 1(1), 88–96. <https://rangkiangjurnal.com/index.php/rangkiang/article/view/7>
- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., & Venugopal, M. (2013). Building Information Modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Automation in Construction*, 29, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.006>