Jurnal Ilmu Komputer Stikom Ambon (JIKOMSTIK)

E-ISSN: 2503-0957, Volume: 11, Issue: 01, Month: 04, Year: 2026
Available online at: https://jurnal.itbstikomambon.com/index.php/jikomstik



Evaluasi Efisiensi Biaya dan Waktu Pembangunan Infrastruktur Transportasi Berbasis Building Information Modeling (BIM): Studi Kasus Jembatan Wai Ela

Kurniasih Rahmadhani Lasinta(1)

[1]Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi dan Bisnis Stikom Ambon
Corresponding Author: [1]kurniasihlasinta26@gmail.com

Article Info

Article history:
Received:03-02-2026
Revised:03-03-2026
Accepted:10-04-2026
Published:15-04-2026

Keywords:

Building Information Modeling (BIM), PERT, Jembatan Wai Ela, Efisiensi Biaya dan Waktu, Manajemen Konstruksi.

ABSTRACT

Pelaksanaan proyek konstruksi konvensional seringkali menghadapi berbagai kendala seperti pembengkakan biaya, ketidakakuratan volume, serta keterlambatan waktu pengerjaan. Penelitian ini mengevaluasi efisiensi biaya dan waktu pada pembangunan Jembatan Wai Ela di Provinsi Maluku dengan mengintegrasikan metode Building Information Modeling (BIM) menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit dan Navisworks serta pendekatan probabilistik Program Evaluation and Review Technique (PERT). Berdasarkan hasil analisis, penerapan metode BIM dan PERT menghasilkan durasi penjadwalan optimal selama 437 hari pada skenario percobaan kedua, memberikan efisiensi waktu sebesar 25,53% terhadap realisasi lapangan (579 hari), serta penghematan biaya total perencanaan ulang sebesar Rp1.829.862.541 (7,12%) dibandingkan biaya realisasi aktual. Analisis faktor keterlambatan menggunakan uji Eksak Fisher menunjukkan bahwa aspek manajemen kontraktor, khususnya investigasi lapangan yang kurang tepat, berpengaruh signifikan terhadap keterlambatan pengadaan material.

1. INTRODUCTION

1.1 Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur transportasi, seperti jembatan, memegang peranan krusial dalam mendukung mobilitas dan pertumbuhan ekonomi regional, termasuk di Provinsi Maluku. Namun, metode perencanaan konvensional yang masih mengandalkan perhitungan manual sering kali rentan terhadap ketidakakuratan volume, pembengkakan biaya, serta keterlambatan penyelesaian proyek akibat berbagai hambatan teknis maupun non-teknis.

Pada pembangunan Jembatan Wai Ela (bentang 120 meter dengan rangka baja tipe A yang menghubungkan Desa Negeri Lima dan Desa Ureng), pelaksanaan konstruksi mengalami keterlambatan yang signifikan dan membutuhkan beberapa kali adendum addendum kontrak, memperpanjang durasi total hingga 579 hari dari rencana awal 420 hari.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi Building Information Modeling (BIM) hadir sebagai solusi terintegrasi mulai dari pemodelan 3D, penjadwalan 4D, hingga estimasi biaya 5D. Guna mengantisipasi variabel ketidakpastian di lapangan, pemodelan BIM dipadukan dengan analisis probabilistik menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *time schedule* berbasis BIM serta mengukur tingkat efisiensi biaya dan waktu pada pembangunan Jembatan Wai Ela.

1.2 Tinjauan Pustaka

- ***Building Information Modeling (BIM): BIM*** adalah proses digital yang memuat informasi lengkap suatu bangunan, mulai dari pemodelan geometri 3D, dimensi waktu (4D *scheduling*), hingga dimensi biaya (5D *cost estimation*). Perangkat lunak seperti *Autodesk Revit* memfasilitasi pembuatan volume material secara semi-otomatis, sementara *Autodesk Navisworks* digunakan untuk simulasi visual dan deteksi benturan (*clash detection*)
- ***Program Evaluation and Review Technique (PERT)*:** Metode PERT digunakan pada situasi dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi dengan memanfaatkan tiga estimasi durasi: waktu optimis (α), waktu paling mungkin (m), dan waktu pesimis (b) untuk mendapatkan kurun waktu yang diharapkan (*te*):

$$te = \frac{\alpha+4m+b}{6} \quad (1)$$

- **Analisis Efisiensi Proyek**: Efisiensi diukur berdasarkan perbandingan optimal antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Tingkat efisiensi anggaran dan waktu dihitung untuk memastikan persentase penghematan memenuhi kriteria standar efisiensi proyek konstruksi.

2. MATERIALS AND METHODS

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian simulasi (simulation research) dengan studi kasus pada proyek Pembangunan Jembatan Wai Ela Tahap I (Bangunan Bawah) dan Tahap II (Bangunan Atas) di Pulau Ambon, Provinsi Maluku. Tahapan penelitian meliputi:



Figure 1. Diagram Siklus Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data primer melalui wawancara dengan narasumber (konsultan dan kontraktor pelaksana) serta data sekunder berupa as-built drawing, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan kurva-S rencana serta realisasi.
2. Pemodelan 3D dengan Autodesk Revit: Memodelkanstrukturbawah(pondasisumuran, abutment, pier) dan struktur atas (pelat lantai, trotoar, rangka baja) berdasarkan gambar kerja.
3. Analisis Penjadwalan dengan PERT: Mengolah data durasi (a, m, b) menggunakan bantuan perangkat lunak statistik untuk mendapatkan waktu yang diharapkan (t_e), lintasan kritis, serta nilai probabilitas penyelesaian proyek.
4. Simulasi 4D dan 5D dengan Autodesk Navisworks: Mengintegrasikan model 3D Revit dengan data penjadwalan dan estimasi biaya.
5. Analisis Efisiensi dan Uji Statistik: Menghitung persentase efisiensi waktu dan biaya, serta menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan menggunakan uji Eksak Fisher dengan bantuan perangkat lunak SPSS.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Pemodelan 3D dan Estimasi Biaya (RAB) Berbasis BIM

Pemodelan struktur Jembatan Wai Ela menggunakan *Autodesk Revit* menghasilkan kuantitas volume yang akurat secara parametrik. Berdasarkan perhitungan otomatis Material *Takeoff* dan *Schedule* pada *Revit*, total Rencana Anggaran Biaya (RAB) konstruksi diperoleh sebesar Rp23.886.251.956,81 (di luar PPN 10%). Angka ini menunjukkan potensi penghematan dibandingkan dengan total biaya realisasi di lapangan yang mencapai Rp25.716.114.470,00.

Table 1. Rekapitulasi Efisiensi Biaya

	RAB Realisasi dan Percobaan		
	Realisasi	***Coba-1***	***Coba-2***
Biaya Total	Rp25.716.114.471	Rp26.274.877.152	Rp26.274.877.152
Biaya Tenaga +Sewa Alat	Rp3.773.976.400	Rp.4.220.849.636	Rp.4.220.849.636

3.2. Analisis Penjadwalan Berbasis PERT dan Simulasi BIM

Berdasarkan analisis probabilitas PERT dengan mempertimbangkan batasan sumber daya (Percobaan-2), durasi optimal penyelesaian proyek dapat ditekan menjadi 437 hari kalender, jauh lebih cepat dibandingkan durasi realisasi aktual di lapangan yang memakan waktu 579 hari akibat berbagai kendala eksternal dan keterlambatan pengiriman material. Simulasi visual 4D dan 5D melalui Autodesk Navisworks berhasil memvisualisasikan progress fisik secara real-time serta mengeliminasi potensi bentrokan antarelemen struktur.

Table 2. Rekapitulasi Efisiensi Jadwal

Hasil	**Penjadwalan**	
	Durasi (hari)	***Deviasi (hari)***
Rencana	420	0
Realisasi	579	159
Coba-1	374,97	121,55
Coba-2	437	16

3.3. Analisis Faktor Keterlambatan (Uji Eksak Fisher)

Berdasarkan hasil pengujian statistik non-parametrik menggunakan uji Eksak Fisher pada perangkat lunak SPSS terhadap data kuesioner responden, diperoleh bahwa faktor dominan yang memengaruhi keterlambatan proyek berasal dari Aspek Manajemen Kontraktor (MK), yaitu sub-variabel investigasi lapangan yang kurang tepat (x_{31}) yang berdampak langsung terhadap keterlambatan pengadaan material (Y_{12}) dengan nilai signifikansi 0,015 < 0,05 (taraf kepercayaan 95%)

Table 3. Rekap Hasil Y12

Variabel	**Y12**	
	Asymptotic sig. (2-sided)	***Asymptotic sig. (2-sided)***
X11	1	0.833

Variabel	Y12	
	Asymptotic sig. (2-sided)	*Asymptotic sig. (2-sided)*
X22	0.318	0.318
X23	0.455	0.455
X31	0.015	0.015
X32	a	a
X33	0.455	0.455
X42	0.167	0.167
X43	a	a
X44	1	0.833

4. CONCLUSION [Times New Roman 10 bold]

Kesimpulan yang didapat dari hasil pembahasan sebagai berikut ini:

1. **RAB dan Biaya:** Perencanaan anggaran biaya menggunakan integrasi BIM menghasilkan total RAB sebesar Rp23.886.251.956,81, yang lebih efisien dan terstruktur dibandingkan metode konvensional.
2. **Penjadwalan Optimal**: Integrasi model BIM dengan metode PERT menghasilkan durasi optimal selama 437 hari, menghindari penalti denda keterlambatan proyek senilai lebih dari Rp4 miliar.
3. **Tingkat Efisiensi**: Kombinasi metode BIM dan PERT terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja manajemen konstruksi dengan memberikan efisiensi waktu sebesar 25,53% dan efisiensi biaya sebesar 7,12%.
5. **Faktor Keterlambatan:** Investigasi lapangan yang kurang akurat pada tahap awal perencanaan terbukti menjadi faktor utama penyebab hambatan dan keterlambatan pengadaan material di proyek Jembatan Wai Ela.

REFERENCES

[1] M. A. Al-Sinan, A. A. Bubshait, and Z. Aljaroudi, “Generation of construction scheduling through machine learning and BIM: A blueprint,” Buildings, vol. 14, no. 4, p. 934, Mar. 2024, doi: 10.3390/buildings14040934.

[2] I. O. Olaseni, “Optimizing construction project delivery using BIM for real-time design, scheduling, and cost integration,” Int. J. Sci. Res. Arch., vol. 7, no. 2, pp. 759–776, Dec. 2022, doi: 10.30574/ijsra.2022.7.2.0258.

[3] H. Y. Chong, “BIM and AI integration for dynamic schedule management: A practical framework and case study,” Buildings, vol. 15, no. 14, p. 2451, Jul. 2025, doi: 10.3390/buildings15142451.

[4] M. Z. Rahimi et al., “Building information model for cost estimation and scheduling in building architecture,” Glob. J. Eng. Des. Technol., vol. 13, no. 1, pp. 1–12, Feb. 2024.

[5] R. S. B. D. T. S. H. K. O. M. K. Elbeltagi, “BIM-based simulation for construction planning and risk assessment in infrastructure projects,” Ain Shams Eng. J., vol. 14, no. 2, pp. 101–112, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.101856.

[6] A. J. Mahdiyar, R. Ismail, and S. Armitage, “Integrating BIM and critical path method for construction project delay analysis,” Autom. Constr., vol. 125, pp. 103–115, May. 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103615.

[7] R. A. Fisher, “On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of P,” J. R. Stat. Soc., vol. 85, no. 1, pp. 87–94, Jan. 1922, doi: 0.2307/2341205