

Diterima : 05 Mei 2023 | Selesai Direvisi : 31 Mei 2023 | Disetujui : 09 Juni 2023 | Dipublikasikan : Juli 2023

DOI : <http://dx.doi.org/10.24853/jk.14.2.83-92>

Copyright © 2023 Jurnal Konstruksia

This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Pengaruh Tingkat Penerapan BIM 5D terhadap Kinerja Biaya Proyek Konstruksi

Imam Sugeng Santoso¹, Agus Suroso¹, dan Mawardi Amin¹

¹ Magister Teknik Sipil, Universitas Mercubuana, Jln. Meruya Selatan No 1, Kembangan, Jakarta 11650

Email korespondensi: imamsugengsantoso81@gmail.com

ABSTRAK

Dalam konstruksi, risiko biasanya permintaan untuk tambahan waktu, biaya, atau kualitas pekerjaan. Perselisihan akan terjadi jika risiko tidak diselesaikan dengan baik. Dalam perkembangan revolusi industri 4.0, kita dapat menggunakan Building Information Modeling (BIM) untuk meningkatkan efisiensi. BIM adalah tampilan digital mengenai semua informasi bangunan yang telah terintegrasi dengan periode siklus hidup bangunan. BIM akan mengoptimalkan kinerja proyek konstruksi. Di Indonesia, beberapa konsultan/kontraktor telah menerapkan BIM dalam proyek konstruksi. Penelitian ini untuk mengetahui serta menganalisis faktor-faktor pada proses penerapan BIM 5D yang berpengaruh terhadap kinerja biaya pelaksanaan proyek konstruksi. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif menggunakan pendekatan Q-method dengan instrumen penelitian closed survey terhadap 53 kontraktor/konsultan yang menggunakan BIM. Hasil yang diperoleh dari indikator 5D BIM ada 5 berpengaruh terhadap kinerja biaya proyek konstruksi.

Kata kunci: BIM, BIM5D, Biaya, Kinerja

ABSTRACT

In construction, risks are usually requests for additional time, cost, or quality of work. Disputes will occur if risks are not resolved properly. In the development of the industrial revolution 4.0, we can use Building Information Modeling (BIM) to increase efficiency. BIM is a digital display of all building information that has been integrated with the building life cycle period. BIM will optimize the performance of construction projects. In Indonesia, several consultants/contractors have implemented BIM in construction projects. This research is to identify and analyze the factors in the process of implementing BIM 5D that affect the cost performance of construction projects. The method used in this research is descriptive method using the Q-method approach with a closed survey research instrument on 53 contractors/consultants using BIM. The results obtained from the 5D BIM indicators have an effect on the cost performance of construction projects.

Keywords: BIM, BIM5D, Cost, Performance

1. PENDAHULUAN

Dalam proyek konstruksi sering terkait dengan risiko akibat perubahan kuantitas, kualitas, spesifikasi, dan banyak masalah lainnya. Salah satu cara untuk meminimalkan dampak dari risiko ini

adalah dengan menanganinya secara proaktif; itu memungkinkan pihak proyek untuk memperkirakan dugaan potensial dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk menghindarinya [12].

Keterlambatan pekerjaan, variasi pesanan, perubahan desain, dan perubahan ruang lingkup pekerjaan merupakan penyebab risiko bagi penyedia jasa dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Oleh karena itu, penyedia layanan dapat menderita kerugian karena risiko. Risiko didefinisikan sebagai tindakan atau permintaan hak seseorang yang sebelumnya hilang. Menurut Kapuasiana dan Hardjomuljadi, risiko yang timbul kemudian berkembang menjadi sengketa, penyebab utamanya adalah pengaturan oleh pengguna jasa, khususnya tentang syarat-syarat umum Kontrak, yaitu karena adanya keinginan pengguna jasa untuk membuat kontrak yang menguntungkan. kepentingan mereka (sepihak) [14]. Untuk memastikan keberhasilan proyek konstruksi, manajemen risiko konstruksi telah muncul sebagai aspek penting dari manajemen proyek konstruksi.

Penyebab risiko yang sering terjadi pada penyedia layanan adalah variasi pesanan. Sangat jarang proyek konstruksi selesai tanpa variasi dalam pelaksanaan pekerjaan. Perintah Variasi adalah urutan yang sangat cocok dengan ketentuan klausul adanya variasi Kontrak, umumnya memerlukan bukti tertulis tentang rincian variasi dimana pekerjaan berbeda dari Kontrak asli atau awal. Variasi pesanan memiliki implikasi terhadap biaya dan waktu. Terlepas dari interpretasi, ada risiko karena muncul pengurangan volume asli dalam Kontrak. Terdapat risiko biaya tambahan yang harus dan perlu diperhitungkan. Bila variasi pekerjaan tidak tertangani dengan benar, hal itu akan menjadikan faktor penyumbang risiko yang signifikan. Pada penelitian sebelumnya, pesanan variasi dikeluarkan sebagai perintah untuk mengubah desain, jumlah, dan program kerja. Biasanya, majikan akan mengeluarkan perintah tertulis setelah instruksi lisan diberikan di tempat. Dampak penting adalah risiko pekerjaan tambahan dan perpanjangan waktu, revisi desain dan program kerja, dan pada akhirnya akan ada perubahan harga

kontrak baru. Selain dampak di atas, ada juga dampak lain: menyelesaikan hampir semua masalah terkait risiko, tambahan biaya tak terduga, perpanjangan waktu, dan kondisi fisik lainnya. [1].

Sekarang telah memasuki era revolusi industri 4.0 yang ditandai perkembangan teknologi informasi untuk mencapai efisiensi tinggi serta kualitas produk yang lebih optimal. Semua pemangku kepentingan yang terlibat dalam proyek konstruksi harus memanfaatkan teknologi sebaik-baiknya dengan tetap mempertimbangkan sumber daya alam yang efektif serta efisien. Salah satu terobosan teknologi yang dapat mendukung proyek infrastruktur adalah BIM (*Building Information Modelling*). BIM merupakan representasi digital yang berisi semua informasi tentang elemen bangunan konstruksi yang digunakan untuk mengumpulkan keputusan dalam siklus hidup bangunan konstruksi. Karena itu, penerapan BIM akan mempercepat serta mengurangi risiko terhadap proyek konstruksi, termasuk risiko bagi penyedia layanan.

Peraturan BIM sudah diterapkan di Indonesia. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara menjelaskan mengenai keharusan penggunaan metode BIM pada bangunan gedung negara tidak sederhana, kriteria luas tanah lebih dari 2000 m² dan lebih dari dua lantai [4].

Pada tahun 2021, Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 menjelaskan tata cara pelaksanaan konstruksi bangunan gedung khususnya bangunan gedung yang padat teknologi, wajib menggunakan metode BIM minimal dimensi kelima dan dilakukan oleh penyedia jasa sekurang-kurangnya dengan klasifikasi menengah. Melibatkan ahli surveyor kuantitas dalam proyek konstruksi [8].

BIM 5D disebut juga dengan BIM *Quantity Take Off*. Artinya, perhitungan volume pekerjaan dapat dilakukan secara

otomatis, akurat, dan cepat. Dengan kata lain, BIM 5D adalah estimasi biaya menggunakan model BIM dengan cara menghubungkan model 3D ke *database* estimasi biaya/*cost database* [9]. Berbagai dimensi tingkat penggunaan BIM telah dikategorikan berdasarkan proses tingkat penerapannya. Dimensi BIM dapat dibagi menjadi 3 dimensi meliputi ruang, dimensi 4 adalah waktu atau penjadwalan serta penyortiran, dimensi 5 yaitu estimasi biaya, dan dimensi 6 merupakan manajemen fasilitas [10].

Beberapa penyebab risiko yang ditimbulkan oleh penyedia jasa sering terjadi pada proyek konstruksi, seperti keterlambatan pekerjaan, variasi pesanan, perubahan pada desain, dan perubahan pada ruang lingkup pekerjaan. Jika tidak diselesaikan dengan benar, maka akan menimbulkan perselisihan. Namun, dengan memanfaatkan BIM, kita bisa mengurangi kejadian ini dengan menerapkan BIM diawal proyek. Penelitian sebelumnya menggambarkan konflik yang mempengaruhi kinerja proyek, menyoroti pentingnya variabel dalam kinerja untuk mengoptimalkan proyek [13]. Mitigasi kinerja merupakan faktor penting dalam keberhasilan penyelesaian suatu proyek konstruksi. Karena pengaruh yang signifikan dari kinerja proyek konstruksi, berbagai penelitian telah menyelidiki penyebabnya adalah biaya, mutu dan waktu konstruksi [13]. Mitigasi kinerja dapat menganalisis penyebab utama terjadinya konflik, seperti kontrak tidak jelas, perbedaan interpretasi kontrak, serta alokasi risiko.

BIM adalah inovasi dalam manajemen strategis baru, dan sangat perlu mempertimbangkan aspek hukum ketika merancang dasar kontrak BIM. Strategi tersebut kemudian dikonsolidasikan ke dalam kerangka konseptual untuk validasi data model untuk melindungi data dari kemungkinan kehilangan, korupsi, serta manipulasi [16].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis faktor-faktor apa saja

pada proses penerapan BIM 5D yang berpengaruh terhadap kinerja biaya pelaksanaan proyek konstruksi. Namun penelitian ini terbatas pada pembahasan BIM 5D yang digunakan oleh kontraktor dan konsultan dan lingkup pekerjaan yang akan diteliti terbatas pada Pekerjaan Pembangunan Gedung yang merupakan scope pekerjaan yang sudah banyak menerapkan BIM.

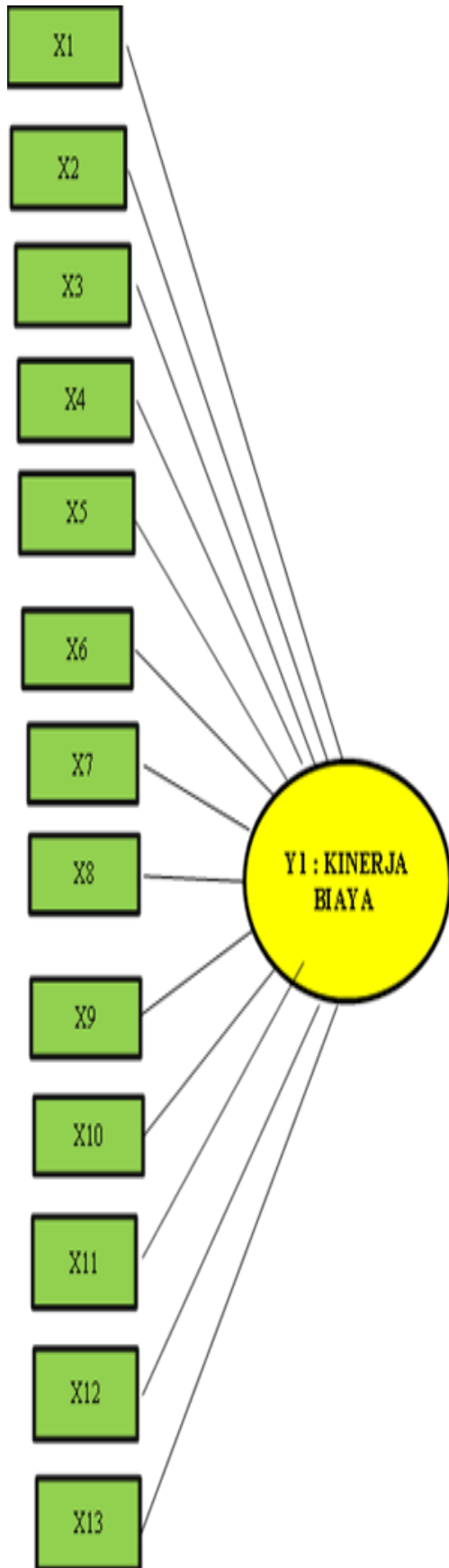
2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian dilakukan secara bertahap melalui studi pendahuluan dengan mengidentifikasi masalah dan teori-teori yang ada. Kemudian muncul judul yang akan dijadikan penelitian. Hipotesis penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Metode penelitian yang digunakan dilakukan.

Untuk mendapatkan hasil penelitian digunakan analisis data metode Q untuk memperoleh kesimpulan penelitian.

Variabel penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini memiliki tiga belas variabel bebas (X) dan satu variabel terikat (Y). Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi atau tergantung pada pentingnya variabel lain. Variabel Independen adalah variabel yang menyebabkan munculnya atau berubahnya variabel dependen.



Gambar 1. Variabel Penelitian

Instrumen penelitian

Instrumen yang digunakan untuk mengukur serta menentukan analisis data dilakukan dengan menggunakan angket tertutup dengan penilaian skala likert. Instrumen penelitian yang digunakan untuk pengukuran bertujuan memperoleh hasil atau data akurat sehingga tiap instrumen diharuskan mempunyai skala [19]. Kerangka instrumen diperlukan sebagai pedoman dalam merumuskan butir-butir instrumen. Kerangka instrumen harus mencakup ruang lingkup materi variabel penelitian. Instrumen penelitian akan dijelaskan dalam tabel. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, item pertanyaan didasarkan pada literatur tentang indikator untuk Variabel X. Kerangka dalam kinerja biaya proyek konstruksi dibatasi oleh penambahan biaya SDM, penambahan biaya atas hilang produktifitas, penambahan biaya atas *overhead* dan keuntungan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Instrumen BIM 5D (Variabel X)

Indikator	Kode	Butir Pernyataan
Pemodelan konsep <i>real time</i> dan perencanaan biaya	X1.1	Kontraktor dapat membuat perkiraan biaya yang akurat karena jumlah komponen bangunan dapat diidentifikasi secara akurat dari model.
	X1.2	BIM 5D menampilkan pemodelan konsep perencanaan biaya serta biaya aktual
	X1.3	Jika perkiraan biaya akurat, maka risiko dan kerugian atau miskomunikasi lebih kecil.
Eksrtak kuantitas untuk mendukung detail estimasi biaya	X2.1	Perkiraan biaya terkait dengan pekerjaan dan waktu, proses penghitungan sumber daya lebih cepat, sehingga mengurangi potensi risiko karena keuangan atau perubahan yang sering terjadi
	X2.2	Perhitungan estimasi biaya cepat akan mempermudah dalam pengambilan keputusan
Trade <i>verification</i> dari model pabrikan	X3.1	BIM 5D dapat merepresentasikan akurat banyak material yang digunakan dan kapan dibutuhkan, perkiraan biaya menjadi lebih terperinci serta akurat.
	X3.2	BIM 5D membantu pemilihan material serta proses implementasi guna menjaga legalitas proyek. Beberapa area terpenting dapat diperiksa meliputi: Struktur serta MEP
<i>Value engineering</i>	X4.1	BIM 5D dapat menganalisis biaya serta fungsionalitas secara bersamaan, menganalisis <i>value engineering</i> menjadi lebih sederhana
	X4.2	BIM 5D membantu dalam pengembangan rekayasa nilai meliputi: Visualisasi, Ekstraksi Kuantitas
Solusi <i>pre-fabrication</i>	X5.1	Menggunakan BIM 5D di area penting seperti Sistem MEP, struktur serta arsitektur yang unik dapat dibuat di luar <i>site/offsite</i>
	X5.2	BIM 5D mengefektifkan dalam proses prefabrikasi sehingga bisa mewujudkan konsep konstruksi ramping
Model kondisi eksisting	X6.1	Konsep BIM 3D memvisualisasikan konstruksi untuk mengurangi ketidakpastian, menyelesaikan masalah dan menganalisis potensi risiko mutu
	X6.2	Penggunaan GPR (<i>Ground Penetration Radar</i>) untuk pencitraan permukaan bawah dalam mensurvei sub-permukaan untuk menyelidiki utilitas bawah tanah seperti beton, aspal, logam, pipa, kabel atau pasangan bata.
Model <i>logistic</i> dan <i>Safety</i>	X7.1	Meminimalisir potensi ketidaksesuaian spesifikasi material dan bahan pada perencanaan dan pelaksanaan konstruksi
	X7.2	Validasi prosedur K3 secara virtual dan interaktif dapat divisualisasikan dengan model 3D sehingga dapat mencegah potensi risiko yang akan terjadi.
	X7.3	BIM 3D memberikan informasi spesifikasi bahan dan material bangunan yang dapat divisualisasikan secara nyata.
Animasi, rendering, <i>walktrough</i>	X8.1	Merepresentasikan model bangunan dan informasi bangunan dengan model 3D bagi semua pihak yang terkait dalam proyek.
	X8.2	BIM 3D dapat menyajikan Animasi, rendering, <i>walktrough</i> proyek.
BIM Pre-Pabrikasi	X9.1	Mendeteksi clash detection antara pekerjaan struktur, mekanikal,elektrikal
	X9.2	Menyajikan informasi pre-fabrication sehingga meminimalkan adanya perubahan ruang lingkup pekerjaan
	X9.3	Manajemen BIM 3D lebih efisien karena berpusat pada 1 model informasi

<i>Indikator</i>	<i>Kode</i>	<i>Butir Pernyataan</i>
		sehingga dapat meminimalisir konflik antar pihak terkait.
	X9.4	Konsep BIM 3D dapat menjadikan pertukaran informasi antar disiplin ilmu yang berbeda menjadi lebih cepat.
<i>Laser accurate BIM driven field layout</i>	X10	Menyajikan <i>field layout</i> dan <i>civil data</i> dengan 3D laser <i>scanning</i> menjadikan informasi lebih akurat dan efisien sehingga dapat dijadikan bukti jika terjadi potensi risiko mutu konstruksi
Simulasi dan tahapan proyek	X11.1	Semua tahapan kemajuan dan kegiatan konstruksi selama masa proyek dapat dilihat oleh seluruh pihak yang terkait dalam proyek
	X11.2	Menyajikan simulasi tahapan proyek yang terintegrasi dari model 3D sehingga dapat mengidentifikasi keterlambatan yang mungkin terjadi
Mempelajari penjadwalan	X12.1	Proses konstruksi menjadi lebih cepat berkat peningkatan manajemen logistik, alur kerja konstruksi yang lancar, dan pengurangan potensi risiko penundaan dalam pengelolaan material
	X12.2	Keterkaitan antar pekerjaan dapat dikontrol dan dikendalikan dengan baik
	X12.3	Potensi risiko waktu dapat diketahui karena <i>critical point</i> dapat terdeteksi
	X12.4	Menunjukkan jalur kegiatan kritis yang perlu diperhatikan dalam menjaga penyelesaian proyek
	X12.5	Membantu mengidentifikasi perbedaan antara waktu penyelesaian proyek yang direncanakan dan waktu sebenarnya
	X12.6	BIM 4D dapat membuat jadwal realistis tiap komponen sesuai dengan jadwal kerja pelaksanaan.
Validasi visual untuk persetujuan pembayaran	X13.1	Semua pihak yang terlibat dalam proyek dapat berkolaborasi dalam perencanaan keuangan sampai dengan mendapatkan persetujuan akhir
	X13.2	Memvisualisasikan validasi persetujuan pembayaran per tahapan proyek

Tabel 2. Instrumen Kinerja Biaya Proyek Konstruksi (Variabel Y)

<i>Indikator</i>	<i>Kode</i>	<i>Butir Pernyataan</i>
Penambahan biaya SDM	Y1.1	Penambahan biaya SDM akibat <i>scope</i> pekerjaan bertambah
	Y1.2	Biaya SDM naik karena kondisi lapangan tidak sesuai rencana awal
	Y1.3	Penambahan SDM karena diperlukan kualitas yang lebih tinggi
Penambahan biaya atas hilang produktifitas	Y1.4	Produktifitas dibawah rencana mengakibatkan penambahan biaya
	Y1.5	Produktifitas diatas rencana mengakibatkan penurunan biaya
	Y1.6	Produktifitas meningkat dengan menggunakan peralatan dan teknologi terbaru
Penambahan biaya atas <i>overhead</i> dan keuntungan	Y1.7	Biaya <i>overhead</i> sesuai dengan penambahan produktifitas kinerja proyek
	Y1.8	Penambahan keuntungan dengan peningkatan produktifitas dan percepatan waktu proyek

Teknik pengumpulan data

Kuesioner dibagikan kepada 53 kontraktor/konsultan yang telah menggunakan metode BIM khususnya pada proyek gedung bertingkat. Jumlah pertanyaan adalah 19. Dengan skala penilaian Likert, dimana: Sangat Tidak Setuju = 1, Tidak Setuju = 2, Netral = 3, Setuju = 4 dan Sangat Setuju = 5.

Pengambilan sampel menggunakan metode *non-random expert sampling*, yaitu pemilihan sampel secara non-random, tentunya dengan responden yang dipercaya penulis sebagai orang yang mempunyai keahlian yang sesuai dalam penelitian.

Uji validitas dan reliabilitas

Pernyataan kuesioner disebarikan melalui google form dengan alternatif jawaban yang diberikan menggunakan skala likert. Keluaran dari kuisisioner tersebut kemudian diolah menggunakan *software* IBM SPSS 23. Pada tahap pengolahan data kuantitatif, yang dilakukan diawal adalah menguji validitas serta reliabilitas data.

Uji validitas menggunakan *Software* IBM SPSS 23 dan hasil validasi variabel diuji dengan membandingkan antara r hitung dengan r tabel. R tabel pada 0,05 dengan derajat kebebasan $df = (N-2)$, dalam penelitian ini jumlah responden $N = 53$ sampai $df = 51$. $R(0,05; 51)$ pada uji satu arah = 0,2746. Pengambilan Keputusan: bila r hitung positif dan r hitung $> r$ tabel, maka variabel tersebut valid. Sedangkan bila r hitung variabel atau r hitung $< r$ tabel, maka variabel tersebut tidak valid. Dari semua hasil yang diperoleh, variabel dinyatakan valid.

Berikut adalah Hasil dari uji reliabilitas menggunakan *Software* IBM SPSS 23. Dari hasil yang diperoleh, semua nilai *Alpha Cronbach* adalah 0,70 atau $> 0,60$; dapat disimpulkan bahwa variabel penelitian ini reliabel.

Metode analisis

"Analisis data adalah kegiatan setelah data dari seluruh responden atau sumber data lainnya terkumpul." Berdasarkan pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa analisis data dilakukan untuk mengolah data menjadi informasi yang dapat dipahami [2]. Mudah dan berharga untuk menjawab permasalahan yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah.

Dalam penelitian ini instrumen angket yang telah divalidasi ahli telah dilakukan uji korelasi Kendall's-tau untuk masing-masing indikator pada BIM 5D terhadap kinerja biaya proyek konstruksi. Penguujian korelasi Kendall's-tau diproses menggunakan *software* IBM SPSS 23. Kemudian, analisis data penelitian yang diperoleh dari uji korelasi tau Kendall yang outputnya berupa statistik, akan dibandingkan dengan pendapat penelitian sebelumnya. Proses ini adalah metode-Q, proses analisis jalan tengah antara kualitatif dan kuantitatif, diubah menjadi faktor terstruktur [7].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian, jumlah responden yang diperlukan untuk melengkapi kuesioner terdiri dari penyedia jasa (konsultan serta kontraktor), khususnya yang menggunakan BIM pada proyek gedung bertingkat, sebanyak 53 responden. Data diperoleh dari lima perusahaan yang menggunakan BIM.

Gambaran Umum Responden

Responden berdasarkan profil jabatan;

BIM <i>Expert</i>	: 2
BIM Koordinator	: 10
BIM <i>Engineer</i>	: 13
BIM <i>Modeler</i>	: 18
BIM Staf	: 10

Responden sesuai jenis kelamin;

- Laki-laki : 46

- Perempuan : 7
- Responden sesuai tingkat Pendidikan;
- D3 : 3
- S1 : 37
- S2 : 13
- S3 : 0

Kemudian sebaran responden berdasarkan lama bekerja;

- Kurang dari (< 1 tahun) : 0
- Antara (1-5 tahun) : 13
- Antara (5-10 tahun) : 31
- Lebih dari (> 10 tahun) : 9

Uji korelasi Kendall-tau

Uji korelasi tau Kendall menggunakan uji korelasi parsial yang dihitung menggunakan program IBM SPSS 23. Koefisien korelasi Kendall-tau merupakan salah satu variabel yang diperingkat (diurutkan), yaitu variabel X saja atau variabel Y dalam hal ini biasanya variabel X. Sebagai perbandingan, variabel Y akan dilihat apakah nilai variabel Y searah (konkordan) atau berlawanan (sumbang) dengan variabel X yang diurutkan. [5].

Ketentuan dalam pengujian tau Kendall sebagai berikut:

- a. Bila nilai signifikansi < 0,01 berarti korelasi sangat signifikan, hipotesis diterima;
- b. Bila nilai signifikansi < 0,05 berarti korelasi tersebut signifikan, hipotesis diterima;
- c. Bila nilai signifikansi > 0,05 maka korelasi tidak signifikan, hipotesis ditolak.

Sifat korelasinya akan sangat menentukan arah kedekatan korelasi yang dijelaskan:

- a. Nilai < 0,25 berarti korelasinya lemah;
- b. Nilai > 0,26 - 0,5 berarti korelasinya cukup kuat;
- c. Nilai > 0,51 - 0,75 berarti korelasi kuat;
- d. Nilai 0,76-1 berarti korelasinya solid

4. KESIMPULAN

Hasil dan pembahasan mengenai Analisis Pengaruh Tingkat Penerapan BIM 5D terhadap Kinerja Biaya Proyek Konstruksi. Setelah melalui sistematika penulisan serta analisis data statistik supaya dapat menjawab tujuan dari penelitian, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Faktor-faktor pada proses penerapan BIM 5D yang berpengaruh terbesar terhadap kinerja biaya pelaksanaan proyek konstruksi meliputi:

- a. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya (X1)
- b. Ekstrak kuantitas untuk mendukung detil estimasi biaya (X2)
- c. *Trade verification* dari model pabrikan (X3)
- d. *Value engineering* (X4)
- e. Solusi pre-fabrication (X5).

Tingkat pengaruh penerapan BIM 5D terhadap kinerja biaya proyek konstruksi dari hasil penelitian nilai R-squared (R²) 92,298% bahwa nilai R-squared diatas 75% termasuk ke dalam kategori kuat. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pada variabel X5 tingkat pengaruh sebesar 37%, variabel X1 sebesar 23%, variabel X4 sebesar 14% , variabel X2 bernilai negatif 8% dan X3 bernilai 10%. Maka dapat disimpulkan bahwa Solusi *pre-fabrication* (X5) merupakan indikator BIM yang paling berpengaruh terhadap kinerja biaya proyek konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afsari, K. 2012. Building Information Modeling in Concept Design Stage. ResearchGate.
- [2] Alavi H, Bortolini R, Forcada N. BIM-based decision support for building condition assessment. *Autom Constr.* 2022;135(July 2021):104117. doi:10.1016/j.autcon.2021.104117
- [3] Alvanchi A, TohidiFar A, Mousavi M, Azad R, Rokooei S. A critical study of the existing issues in manufacturing

- maintenance systems: Can BIM fill the gap? *Comput Ind.* 2021;131:103484. doi:10.1016/j.compind.2021.103484
- [4] Arikunto. 2016. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- [5] Borges Viana VL, Marques Carvalho MT. Prioritization of risks related to BIM implementation in brazilian public agencies using fuzzy logic. *J Build Eng.* 2021;36(June 2020):102104. doi:10.1016/j.jobbe.2020.102104
- [6] Charef R. The use of Building Information Modelling in the circular economy context: Several models and a new dimension of BIM (8D). *Clean Eng Technol.* 2022;7:100414. doi:10.1016/j.clet.2022.100414
- [7] Chen Y, Cai X, Li J, Zhang W, Liu Z. The values and barriers of Building Information Modeling (BIM) implementation combination evaluation in smart building energy and efficiency. *Energy Reports.* 2022;8:96-111. doi:10.1016/j.egy.2022.03.075
- [8] Huzaimi Abd Jamil Ahmad & Mohamad Syazli Fathi 2020. *Enhancing BIM-Based Information Interoperability: Dispute Resolution from Legal and Contractual Perspectives*. American Society of Civil Engineers.
- [9] Indraprastha, Aswin., dan Tim. 2018. *Panduan BIM Adopsi BIM dalam Organisasi*. Institut BIM Indonesia.
- [10] Kumar, Ranjit. 2019. *Research Methodology*. Fifth Edition. E-Book.
- [11] Li L, Yuan J, Tang M, Xu Z, Xu W, Cheng Y. Developing a BIM-enabled building lifecycle management system for owners: Architecture and case scenario. *Autom Constr.* 2021;129(June):103814. doi:10.1016/j.autcon.2021.103814
- [12] *Pelatihan Perencanaan Konstruksi dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM)*. 2018. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi, BPSDM, Kementerian PUPR.
- [13] Pradeep Kumar & Dr. Om Prakash. 2017. *The Role of Laser Scanning Technology Lidar Scanning and Building Information Modeling in Building Construction*. International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology.
- [14] PT. PP (Persero) Tbk. 2019. *Digital Mapping as A Civil*. Paparan dalam Workshop Penerapan Teknologi Building Information Modeling.
- [15] Rad MAH, Jalaei F, Golpour A, Varzande SSH, Guest G. BIM-based approach to conduct Life Cycle Cost Analysis of resilient buildings at the conceptual stage. *Autom Constr.* 2021;123(October 2020):103480. doi:10.1016/j.autcon.2020.103480
- [16] Risnu, Rangga. 2016. *Implementasi Otomatisasi Konstruksi pada Industri Konstruksi di Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [17] Seo, Wonkyoung., & Youngcheol Kang. 2020. *Performance Indicators for the Claim Management of General Contractors*. American Society of Civil Engineers.
- [18] Shaari, Nassiriah., Nurul Idayu Amran., Aeni Zuhana Saidin., & Muhammad Khairul Munawwar Ismail. 2019. *A Design and Development of a Building Environment 6D-Walkthrough*. International Journal Of Interactive Digital Media.
- [19] Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- [20] Usman Fathoni., Nur Adibah Jalaludi., & Sumi Amarjena Hamim. 2018. *Value Engineering in Building Information Modeling for Cost*

Optimization of Renovation Works:
Case Study. Universitas Tenaga
Nasional Malaysia. Kajang

- [21] Wang L, Li W, Feng W, Yang R. Fire risk assessment for building operation and maintenance based on BIM technology. *Build Environ.* 2021;205(July):108188. doi:10.1016/j.buildenv.2021.108188
- [21] Zhou, W., Whyte, J. &Sacks, R. 2012. Construction Safety an Digital Design: A review. *Automation in Construction.*
- [22] Zhuang D, Zhang X, Lu Y, et al. A performance data integrated BIM framework for building life-cycle energy efficiency and environmental optimization design. *Autom Constr.* 2021;127(December 2020):103712. doi:10.1016/j.autcon.2021.103712