

Analisis Kriteria Kualifikasi Kontraktor dalam Tender Proyek Konstruksi Berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dengan Mempertimbangkan *Critical Success Factor*

Gabriel Selo Prayudi¹, Tantri Nastiti Handayani^{1*}, Akhmad Aminullah¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: tantri.n.h@ugm.ac.id

INTISARI

Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) telah menjadi standar baru dalam pengelolaan proyek konstruksi. Dalam konteks tender proyek berbasis BIM, diperlukan kriteria kualifikasi kontraktor yang tidak hanya berorientasi pada kemampuan teknis, namun juga faktor keberhasilan implementasi BIM. Penelitian ini bertujuan merumuskan kriteria kontraktor dalam sistem pengadaan berbasis BIM dengan mempertimbangkan *Critical Success Factor* (CSF). Metode analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana pengaruh variable eksogen yang terdiri dari kesiapan kontraktor dalam mengikuti tender, manajemen pengendalian proyek, kelengkapan dokumen tender, manajemen infrastruktur perusahaan, manajemen penerapan BIM dan koordinasi eksternal terhadap variable endogen yaitu keberhasilan proyek berbasis BIM. Data kuesioner dikumpulkan dari 57 responden dengan latar belakang kontraktor, konsultan, maupun owner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada empat variable yang berpengaruh secara signifikan terhadap keberhasilan proyek berbasis BIM diantaranya kesiapan kontraktor dalam mengikuti tender, kelengkapan dokumen tender, manajemen pengendalian proyek, kelengkapan dokumen tender dan manajemen penerapan BIM. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk kriteria dasar yang dapat digunakan kontraktor apabila mengikuti pengadaan proyek berbasis BIM.

Kata kunci: Kualifikasi Kontraktor, Tender Proyek, BIM, *Critical Success Factor*, SEM

1 PENDAHULUAN

Adopsi teknologi *Building Information Modeling* (BIM) di Industri konstruksi Indonesia semakin marak. Meski implementasi BIM semakin meluas, sistem pengadaan dan pemilihan kontraktor belum sepenuhnya mempertimbangkan faktor-faktor penggunaan BIM. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk merumuskan kriteria yang relevan dalam tender proyek konstruksi berbasis BIM, sehingga proses seleksi menjadi lebih tepat sasaran dan relevan untuk mendukung keberhasilan proyek.

Mahamadu et al. (2017) telah melakukan penelitian terkait kriteria kualifikasi BIM dalam tahap pra-kualifikasi dan seleksi penyedia jasa konstruksi untuk proyek berbasis BIM. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kriteria kualifikasi terkait BIM dalam proses pra-kualifikasi dan seleksi penyedia jasa konstruksi. Metode penelitian menggunakan metode campuran (*mix-method*) dengan wawancara eksploratif, survey delphi dan survey kuantitatif. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengalaman nyata dalam proyek berbasis BIM merupakan kriteria paling kritis, kemudian disusul dengan ketersediaan infrastruktur teknologi (*software* dan *hardware*).

Rajabi et al. (2022) dalam penelitiannya mengidentifikasi kriteria-kriteria utama dalam menilai kapabilitas penyedia jasa dalam penerapan *Building Information Modelling* (BIM). Penelitian tersebut dilakukan melalui pendekatan lintas wilayah yaitu antara Malaysia dan Iran untuk mengevaluasi bagaimana konteks geografis mempengaruhi penilaian kesiapan organisasi/penyedia jasa terhadap BIM melalui analisis non-parametrik, analisis jaringan, dan eksplorasi factor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada tiga kriteria yang dianggap paling penting pada kedua wilayah seperti ketersediaan infrastruktur untuk mendukung implementasi BIM, sikap organisasi terhadap teknologi baru dan pemahaman organisasi atas kompetensinya sendiri.

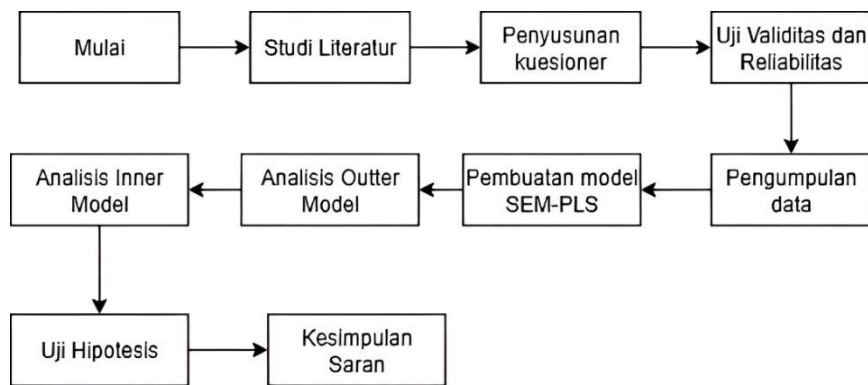
Berangkat dari beberapa penelitian tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk melakukan validasi kriteria kontraktor dalam mengikuti tender konvensional dan *Critical Success Factor* BIM terhadap keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi berbasis BIM (*BIM based project success*) dan merumuskan kriteria yang harus dipersiapkan kontraktor dalam mengikuti tender proyek konstruksi berbasis BIM menggunakan metode SEM-PLS.

Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi dalam menghasilkan kriteria yang dapat dipersiapkan kontraktor saat mengikuti tender proyek konstruksi berbasis BIM.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2019). Responden terdiri dari stakeholder proyek konstruksi—kontraktor, konsultan, dan pemilik—yang telah menerapkan Building Information Modeling (BIM). Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disusun berdasarkan variabel penelitian.

Hubungan antar variabel diuji menggunakan *Structural Equation Modeling* (SEM), metode statistik multivariat yang menggabungkan analisis faktor dan regresi untuk menguji model teoritis secara simultan (Ghozali, 2012). SEM dinilai efektif dalam penelitian konstruksi, termasuk untuk mengevaluasi penerapan BIM, sebagaimana ditunjukkan oleh Azhar et al. (2015). Bagan alur penelitian disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Uji Validitas

Uji validitas bertujuan untuk memastikan bahwa kuesioner benar-benar mengukur variabel yang dimaksud. Proses ini mencakup *convergent validity*, *average variance extracted* (AVE), dan *discriminant validity*. *Convergent validity* mengukur sejauh mana indikator dalam satu konstruk berkorelasi dengan variabel laten, dengan nilai *loading factor* $\geq 0,7$ dianggap valid, meskipun nilai $\geq 0,5$ masih dapat diterima dalam kondisi tertentu (Haryanto, 2017). Sementara itu, AVE digunakan untuk menilai validitas diskriminan, dengan nilai minimum yang disyaratkan sebesar 0,5.

$$\frac{\sum \lambda_i^2}{\sum \lambda_i^2 + \sum \epsilon_i} \quad (1)$$

dengan,

$$\begin{aligned} \lambda_i^2 &= \text{Faktor Loading} \\ \epsilon_i &= 1 - \lambda_i^2 \end{aligned}$$

Discriminant validity digunakan untuk menilai sejauh mana suatu konstruk berbeda secara jelas dari konstruk lainnya dalam model. Dalam SmartPLS, validitas ini dievaluasi melalui *cross loading*, di mana indikator dikatakan valid apabila memiliki nilai loading tertinggi pada konstruknya sendiri dibandingkan konstruk lain (Sekaran & Bougie, 2016).

Sementara itu, menurut Hair et al. (2019), *uji reliabilitas* menunjukkan konsistensi data yang dihasilkan instrumen penelitian. Dalam studi ini, reliabilitas diuji menggunakan *composite reliability*, dengan nilai $\geq 0,7$ dianggap reliabel, dan $\geq 0,6$ masih dapat diterima. Perhitungan nilai *composite reliability* dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\rho_c = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum \theta_i} \quad (2)$$

dengan,

ρc = *composite reliability*

λ_i = *standard loading*

θ_i = *error variance* dari indikator

Model struktural (*inner model*) digunakan untuk menilai hubungan antar variabel laten sesuai dengan kerangka konseptual yang telah dirancang. Tahap ini menjadi inti dari analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) karena memungkinkan peneliti mengevaluasi arah dan kekuatan hubungan antar konstruk dalam model (Ghozali, 2015). Dalam proses analisis menggunakan SmartPLS, nilai *R-Square* berfungsi untuk menunjukkan seberapa besar variabel independen mampu menjelaskan variasi yang terjadi pada variabel dependen. Sementara itu, nilai *adjusted R-Square* memberikan estimasi yang lebih akurat karena memperhitungkan jumlah prediktor dan kompleksitas model (Hair et al., 2019). Menurut Hair et al. (2011), nilai *R-Square* sebesar 0,75 dikategorikan kuat, 0,50 termasuk sedang, dan 0,25 tergolong lemah dalam menjelaskan variabel dependen.

Menurut Hair Jr et al. (2017), *Goodness of Fit* (GoF) merupakan indikator yang mencerminkan sejauh mana model statistik yang dibangun sesuai dengan data empiris. Ukuran ini memberikan gambaran tentang kemampuan model dalam menjelaskan variasi data serta menghasilkan estimasi yang akurat, sehingga GoF digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian model secara keseluruhan, baik dari sisi model pengukuran maupun model struktural. Haryanto (2016) menambahkan bahwa nilai GoF berada dalam rentang 0 hingga 1, dengan interpretasi bahwa nilai 0,10 menunjukkan tingkat kesesuaian yang rendah, nilai 0,25 menunjukkan kesesuaian sedang, dan nilai 0,36 atau lebih mencerminkan tingkat kesesuaian model yang tinggi.

Pendekatan *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan bantuan SmartPLS digunakan untuk menguji pengaruh langsung antar variabel laten dalam model (Ghozali, 2012). Evaluasi hubungan antar konstruk dilakukan melalui analisis path coefficient dan p-value yang diperoleh dari proses bootstrapping, di mana hubungan dianggap signifikan secara statistik jika p-value < 0,05. Metode *Partial Least Squares* (PLS) dianggap tepat untuk analisis prediktif dan eksploratif, khususnya saat data tidak memenuhi asumsi klasik multivariat (Hair et al., 2017). Bootstrapping pada SmartPLS memungkinkan estimasi statistik yang stabil meskipun data tidak berdistribusi normal (Sarstedt et al., 2014), serta menghasilkan p-value yang valid (Kock, 2018). Sejumlah penelitian sebelumnya, seperti oleh Aini et al. (2020) dan Putra & Dewi (2021), juga menggunakan pendekatan ini untuk menganalisis hubungan antar konstruk, dengan dasar penerimaan hipotesis ditentukan oleh nilai koefisien jalur yang signifikan dan p-value < 0,05.

3 HASIL DAN ANALISIS DATA

Variabel eksogen merupakan variabel bebas yang berperan sebagai penyebab perubahan pada variabel lain, namun tidak dipengaruhi oleh variabel manapun dalam model (Ghozali & Latan, 2015). Dengan kata lain, variabel ini bertindak sebagai prediktor atau input dalam struktur model. Pada penelitian ini, variabel eksogen ditampilkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Variabel Eksogen Penelitian

Kategori	Kode	Indikator	Referensi*
Kesiapan Kontraktor dalam Mengikuti Tender	X1.1	Ketepatan kontraktor dalam merencanakan biaya	R4; R6
	X1.2	Kemampuan kontraktor memberikan harga terendah	R5
	X1.3	Memiliki kecukupan modal	R2
	X1.4	Kontraktor tidak memiliki catatan riwayat kegagalan dalam pelaksanaan proyek	R3; R4; R5
Manajemen Pengendalian Proyek	X2.1	Memiliki pengalaman menyelesaikan pekerjaan sesuai spesifikasi	R2; R3; R4; R5; R6

Tabel 3.2 Variabel Eksogen Penelitian (lanjutan)

Kategori	Kode	Indikator	Referensi*
Kelengkapan Dokumen Tender	X2.2	Memiliki tenaga ahli yang memiliki kualifikasi sesuai persyaratan	R6
	X2.3	Mampu menjaga ketersediaan pekerja, alat dan material	R2; R3; R5; R6
	X2.4	Mampu menerapkan metode pekerjaan konstruksi secara tepat	R1; R3; R4; R6
	X2.5	Memiliki perencanaan kesehatan keselamatan kerja	R1; R4; R5; R19
	X3.1	Menjamin kelancaran pelaksanaan mobilisasi proyek	R1; R4
	X3.2	Hubungan kerja sama yang baik antar pekerja konstruksi	R4; R6; R19
	X3.3	Memenuhi persyaratan kelengkapan dokumen tender	R1; R2
	X3.4	Memenuhi persyaratan lisensi	R2
	X3.5	Memiliki software dan hardware yang mendukung penerapan BIM	R7; R8; R10; R11; R14; R15; R16; R17; R18; R20
	X4.1	Memiliki prioritas pengembangan yang didukung dengan sumber daya yang cukup untuk penerapan dan pengembangan BIM	R7; R10; R11; R12; R13; R18; R20
Manajemen Infrastruktur perusahaan	X4.2	Melakukan pemeliharaan software dan hardware secara berkala	R9; R11
	X4.3	Melakukan pelatihan pegawai secara berkala	R7; R8; R9; R10; R12; R16; R17; R18; R20
	X4.4	Budaya organisasi yang kondusif	R7; R9; R11; R13; R17; R18; R20
	X5.1	Sosialisasi implementasi BIM dalam perusahaan	R7; R9; R10; R11; R12; R13
	X5.2	Visi dan strategi perusahaan dengan sistem BIM	R8; R9; R12; R15; R17; R18
Manajemen Penerapan BIM	X5.3	Peraturan dan standar penerapan BIM dalam perusahaan	R7; R10; R11; R13; R18
	X5.4	Keuntungan dalam penerapan BIM dalam proyek	R8; R11; R14; R16; R17; R18; R19
	X5.5	Koordinasi efektif antar pihak yang terlibat dalam proyek	R7; R8; R10; R11; R12; R13; R17
	X6.1	Permintaan klien dalam penggunaan BIM	R7; R9; R10; R11; R12; R13; R18; R20
	X6.2	Peraturan dan dukungan Pemerintah terkait penerapan BIM	R7; R8; R9; R12; R13; R14; R17
Koordinasi eksternal	X6.3	Pengalaman perusahaan terkait BIM	R7; R13; R15; R16; R18
	X6.4	Memiliki staff yang berpengalaman	R7; R9; R11; R12; R14; R16; R18

Keterangan:

Referensi*:

R1: Sancoko, B., & Pratama, B. R. (2020); R2: Korytarova et al. (2015); R3: El-khalek, H. A., Aziz, R. F., & Morgan, E. S. (2019); R4: Maqsoom, A., Bajwa, S., Zahoor, H., Thaheem, M. J., & Dawood, M. (2019); R5: Alptekin, O., & Alptekin, N. (2017); R6: Sattung, T., Haerani, S., & Hakim, W. (2019); R7: Ozorhon, B., & Karahan, U. (2017); R8: Liao, L., & Teo, E. A. L. (2017); R9: Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019); R10: Amuda Yusuf, G., Adebisi, R. T., & Isa, B. M. (2018); R11: Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020); R12: Abu Awwad, K. (2020); R13: Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2019); R14: Phang, T. C. H., Chen, C., & Tiong, R. L. K. (2020); R15: Kenrich (2022); R16: Mahamadu, A.-M., Mahdjoubi, L., & Booth, C. A. (2017); R17: Utomo (2019); R18: Rajabi et al. (2022); R19: Afari et al. (2018); R20: Aziz et al. (2022)

Variabel endogen merupakan variabel yang dipengaruhi oleh satu atau lebih variabel eksogen, sehingga berfungsi sebagai output dalam model penelitian. Karena dipengaruhi oleh variabel lain, variabel ini juga dikenal sebagai variabel terikat. Dalam studi ini, variabel endogen yang digunakan adalah Keberhasilan Proyek Berbasis BIM (Y), sebagaimana tercantum pada Tabel 3.2 berikut.

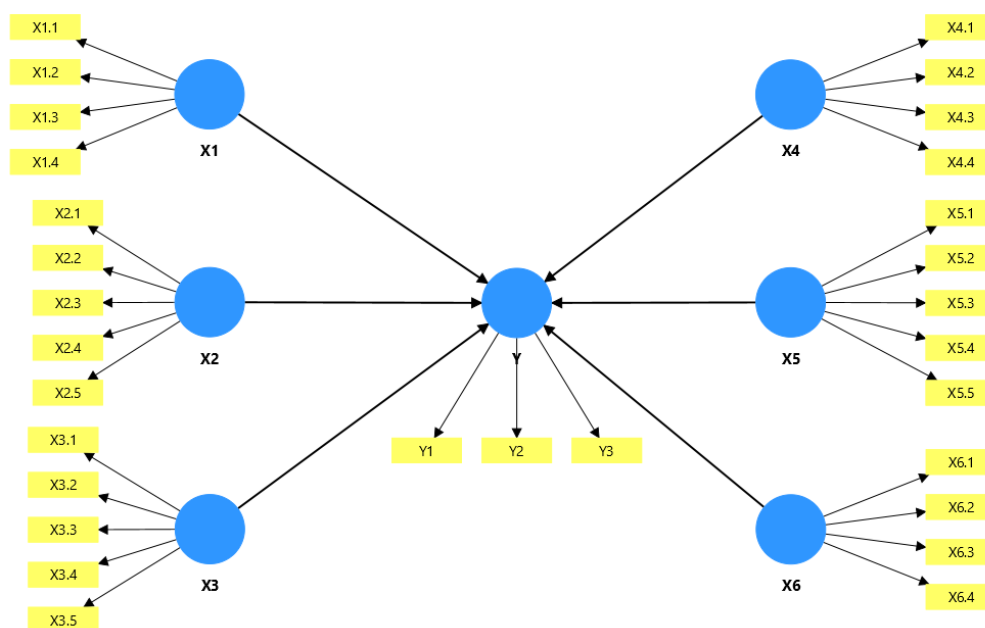
Tabel 3.3 Variabel Endogen

Indikator	Kode	Referensi*
Efisiensi biaya waktu, peningkatan mutu dan keselamatan kerja	Y1	R21; R22; R23; R24; R25; R26; R27; R28; R29; R30; R31
Membantu visualisasi dan menghindari pekerjaan ulang (rework)	Y2	R21; R22; R23; R24; R25; R26; R27; R28; R29; R30; R31
Meningkatkan komunikasi dan produktivitas pekerja konstruksi	Y3	R23; R24; R26; R28

Keterangan:

Referensi*:

R21: Azhar (2012); R22: Georgiadou (2019); R23: Al-Aashmori et al. (2020); R24: Bryde et al. (2012); R25: Cao et al. (2014); R26: Mesaros (2017); R27: Azhar (2011); R28: Hire (2021); R29: Maria (2018); R30: Parsamehr (2023); R31: Noor (2018)



Gambar 3.1 Model Awal SEM

Hasil survey menunjukkan pemerataan dari later belakang responden dengan 35% adalah kontraktor, 28% adalah owner dan 37% adalah konsultan. *Convergent validity* merupakan bentuk pengujian validitas yang bertujuan mengevaluasi sejauh mana indikator dalam satu konstruk menunjukkan konsistensi tinggi dalam mengukur konsep yang sama. Menurut Hair et al. (2017), nilai loading factor $\geq 0,70$ menunjukkan validitas konvergen yang kuat. Namun, pada tahap awal pengembangan model, indikator dengan nilai antara 0,50 hingga 0,70 masih dapat diterima jika berkontribusi terhadap validitas konstruk secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, hanya indikator dengan nilai loading factor $\geq 0,50$ yang dipertahankan, sedangkan indikator di bawah nilai tersebut dieliminasi dari model.

Tabel 3.4 Hasil Outer Loading Model

Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
X1.1	0,547						
X1.2	0,752						
X1.3	0,816						
X1.4	0,902						
X2.1		0,724					
X2.2		0,765					
X2.3		0,801					
X2.4		0,594					
X2.5		0,557					
X3.1			0,840				
X3.2			0,807				
X3.3			0,783				
X3.4			0,828				
X3.5			0,593				
X4.1				0,583			
X4.2				0,672			
X4.3				0,566			
X4.4				0,870			
X5.1					0,782		
X5.2					0,869		
X5.3					0,895		
X5.4					0,842		
X5.5					0,716		
X6.1						0,771	
X6.2						0,811	
X6.3						0,860	
X6.4						0,745	
Y1							0,872
Y2							0,744
Y3							0,752

Perhitungan *Average Variance Extracted* (AVE) dilakukan untuk memastikan bahwa setiap konstruk dapat menjelaskan proporsi varians indikator-indikatornya secara memadai. Nilai AVE untuk masing-masing konstruk disajikan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan AVE

Variabel	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	Keterangan
X1	0,586	Memenuhi
X2	0,483*	Belum Memenuhi
X3	0,602	Memenuhi
X4	0,467*	Belum Memenuhi
X5	0,678	Memenuhi
X6	0,637	Memenuhi
Y	0,627	Memenuhi

Mengacu pada Tabel 3.3, terdapat dua variabel, yaitu X2 dan X4, yang memiliki nilai AVE di bawah 0,50, yang mengindikasikan bahwa beberapa indikator pada kedua variabel tersebut perlu dieliminasi hingga AVE mencapai nilai minimum yang disyaratkan ($> 0,50$).

Berdasarkan Tabel 3.4, indikator dengan nilai *factor loading* terendah pada variabel X2 adalah X2.5 (0,557), sementara pada variabel X4 adalah X4.3 (0,566). Kedua item tersebut kemudian dihapus dari model. Setelah proses eliminasi, dilakukan *rerunning* model dan diperoleh nilai AVE terbaru sebagaimana ditampilkan pada hasil berikut.

Tabel 3.6 Hasil AVE setelah Eliminasi

Variabel	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>	Keterangan
X1	0,586	Memenuhi
X2	0,555	Memenuhi
X3	0,602	Memenuhi
X4	0,530	Memenuhi
X5	0,678	Memenuhi
X6	0,637	Memenuhi
Y	0,627	Memenuhi

Validitas diskriminan dinyatakan tercapai apabila suatu indikator memiliki korelasi yang lebih kuat terhadap konstruk asalnya dibandingkan dengan korelasi terhadap konstruk lainnya. Evaluasi ini dilakukan dengan menganalisis nilai *cross loading* dari setiap indikator terhadap seluruh konstruk dalam model.

Tabel 3.7 Hasil Cross Loading

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	Keterangan
X1	0,766							Memenuhi
X2	0,687	0,745						Memenuhi
X3	0,631	0,605	0,776					Memenuhi
X4	0,623	0,458	0,648	0,728				Memenuhi
X5	0,615	0,524	0,449	0,385	0,823			Memenuhi
X6	0,570	0,479	0,634	0,665	0,336	0,798		Memenuhi
Y	0,758	0,727	0,649	0,385	0,718	0,360	0,792	Memenuhi

Pengujian reliabilitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan nilai koefisien *composite reliability*. Suatu indikator dianggap memiliki reliabilitas yang baik apabila nilai koefisien tersebut melebihi angka 0,7. Hasil dari pengujian reliabilitas ini disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3.8 Hasil Composite Reliability

Variabel	Composite Reliability	Keterangan
X1	0,846	Reliabel
X2	0,832	Reliabel
X3	0,882	Reliabel
X4	0,768	Reliabel
X5	0,913	Reliabel
X6	0,875	Reliabel
Y	0,834	Reliabel

Berdasarkan Tabel 3.7, seluruh variabel memiliki nilai *composite reliability* di atas 0,70, yang menandakan bahwa instrumen penelitian telah memenuhi kriteria reliabilitas. Hal ini sejalan dengan pendapat Hair et al. (2017), Wiyono (2011), serta Ghozali dan Latan (2015) yang menyatakan bahwa nilai di atas 0,70 mencerminkan konsistensi indikator dan kelayakan instrumen dalam analisis SEM.

Hasil pengolahan data menggunakan aplikasi SmartPLS 4.0 menghasilkan nilai *R-Square* yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3.9 Hasil R-Square

Model	<i>R-Square Adjusted</i>
Y	0,769

Berdasarkan data pada tabel, nilai *R-Square* untuk variabel endogen Y sebesar 0,769, yang berarti 76,9% variabilitas Y dijelaskan oleh variabel eksogen X1 hingga X6, sementara sisanya dipengaruhi faktor di luar model. Nilai ini menunjukkan kemampuan model yang tinggi dalam menjelaskan konstruk endogen, dan menurut Hair et al. (2011), angka $\geq 0,75$ tergolong kuat.

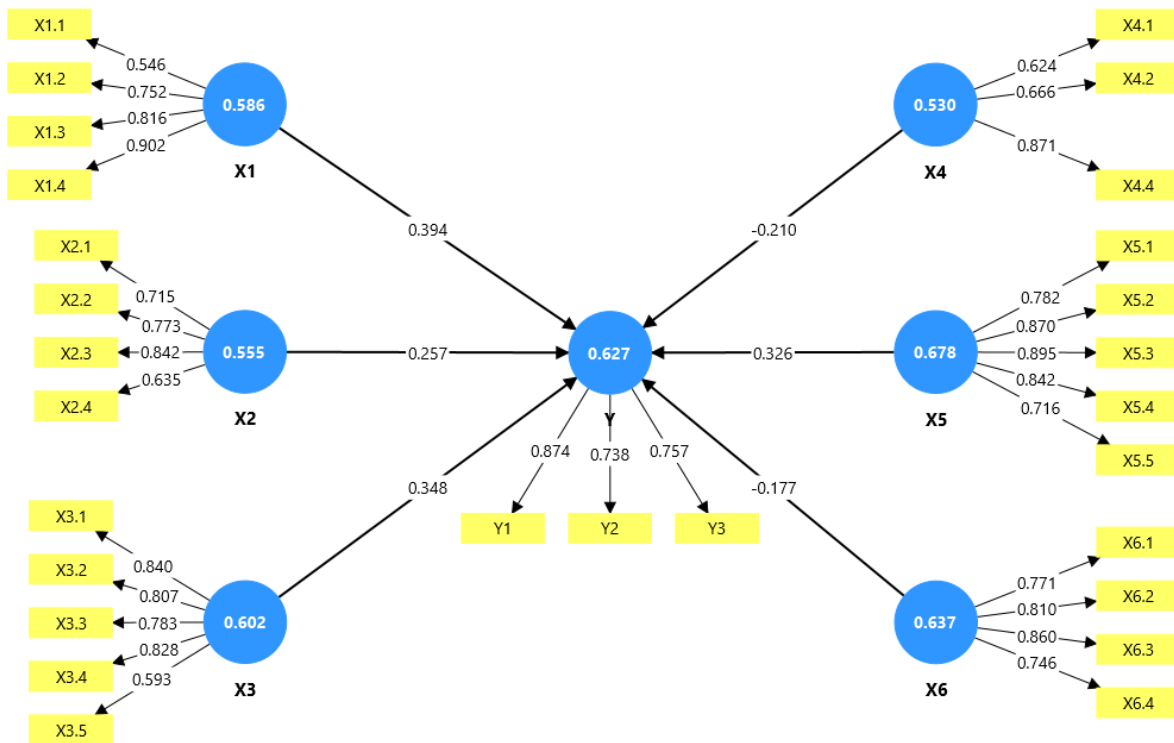
Analisis *Goodness of Fit* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana model struktural mampu menjelaskan keseluruhan data observasi. Hasil analisis menggunakan SmartPLS 4.0 menunjukkan nilai *Goodness of Fit* sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3.10 Hasil GoF

	<i>Saturated Model</i>	<i>Estimated Model</i>
Model Fit	0,428	0,428

Haryanto (2016) menyatakan bahwa nilai *Goodness of Fit* (GoF) berada pada kisaran 0 hingga 1, dengan kategori 0,10 sebagai kecocokan rendah, 0,25 sebagai sedang, dan $\geq 0,36$ sebagai tinggi. Berdasarkan hasil pada Tabel 5.10, nilai GoF melebihi 0,36, yang menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kecocokan yang tinggi. Hal ini menandakan bahwa model telah memenuhi validitas global dan dapat digunakan untuk pengujian hipotesis lebih lanjut.

Uji hipotesis dilakukan untuk menilai apakah terdapat hubungan signifikan antar variabel dalam penelitian. Suatu hipotesis dinyatakan signifikan apabila nilai $p\text{-value} < 0,05$, yang berarti hubungan antar variabel dapat diterima secara statistik. Sebaliknya, jika $p\text{-value} > 0,05$, maka tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Penelitian ini menggunakan tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), yang merupakan standar umum dalam penelitian sosial karena memberikan keseimbangan antara ketelitian dan risiko kesalahan (Hair et al., 2017). Penggunaan signifikansi ini juga relevan untuk data yang bersifat subjektif seperti persepsi, sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono (2017).



Gambar 3.2 Model Akhir

Tabel 3.11 Hasil Uji Hipotesis

Hipotesis	Koefisien	P-value	Keterangan
X1 -> Y	0,394	0,020	Hipotesis diterima
X2 -> Y	0,257	0,048	Hipotesis diterima
X3 -> Y	0,348	0,012	Hipotesis diterima
X4 -> Y	-0,210	0,098	Hipotesis ditolak
X5 -> Y	0,326	0,014	Hipotesis diterima
X6 -> Y	-0,177	0,130	Hipotesis ditolak

Berdasarkan table 3.10 dari enam variabel eksogen, empat menunjukkan pengaruh signifikan terhadap Y ($p\text{-value} < 0.05$), yaitu X1: Kesiapan kontraktor dalam mengikuti tender yang terdiri dari indikator Ketepatan kontraktor dalam merencanakan biaya, Kemampuan kontraktor memberikan harga terendah, Memiliki kecukupan modal, Kontraktor tidak memiliki catatan riwayat kegagalan dalam pelaksanaan proyek; X2: Manajemen pengendalian proyek yang terdiri dari indikator: Memiliki pengalaman menyelesaikan pekerjaan sesuai spesifikasi, Memiliki tenaga ahli yang memiliki kualifikasi sesuai persyaratan, Mampu menjaga ketersediaan pekerja, alat dan material, Mampu menerapkan metode pekerjaan konstruksi secara tepat, Memiliki perencanaan kesehatan keselamatan kerja; X3: kelengkapan dokumen yang terdiri dari Menjamin kelancaran pelaksanaan mobilisasi proyek, Hubungan kerja sama yang baik antar pekerja konstruksi, Memenuhi persyaratan kelengkapan dokumen tender, Memenuhi persyaratan

lisensi, Memiliki software dan hardware yang mendukung penerapan BIM; dan X5: manajemen penerapan BIM yang terdiri dari indikator: Sosialisasi implementasi BIM dalam perusahaan, Visi dan strategi perusahaan dengan sistem BIM, Peraturan dan standar penerapan BIM dalam perusahaan, Keuntungan dalam penerapan BIM dalam proyek, Koordinasi efektif antar pihak yang terlibat dalam proyek. Temuan ini menegaskan bahwa kesiapan kontraktor, kelengkapan dokumen, serta strategi internal manajemen proyek dan BIM sangat memengaruhi keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi berbasis BIM.

Apabila ditinjau dari model akhir, variabel manajemen pengendalian proyek (X2) memiliki pengaruh yang signifikan, namun apabila ditinjau dari proses validasi terdapat satu indikator yang tereliminasi yaitu kontraktor wajib memiliki perencanaan kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Hasil tersebut bertolak belakang dengan penelitian terdahulu dimana manajemen prosedur K3 dan kecelakaan kerja sangat menentukan terpilihnya kontraktor dalam tender (Maqsoom, A., Bajwa, S., Zahoor, H., Thaheem, M. J., & Dawood, M., 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 14 tahun 2020 dan Peraturan LKPP no 12 tahun 2021 juga menyebutkan dengan jelas bahwa kontraktor harus memiliki dokumen Rencana Keselamatan Kerja sebagai syarat mengikuti tender. Temuan ini mengindikasikan kurangnya penekanan aspek K3 dalam proses pengambilan data, maka hasil ini perlu diinvestigasi lebih lanjut.

Sedangkan terdapat dua faktor yaitu X4: manajemen infrastruktur perusahaan yang terdiri dari Memiliki prioritas pengembangan yang didukung dengan sumber daya yang cukup untuk penerapan dan pengembangan BIM, Melakukan pemeliharaan software dan hardware secara berkala, Melakukan pelatihan pegawai secara berkala, Budaya organisasi yang kondusif, dan X6: pengalaman perusahaan dan faktor eksternal yang terdiri dari indikator Permintaan klien dalam penggunaan BIM, Peraturan dan dukungan Pemerintah terkait penerapan BIM, Pengalaman perusahaan terkait BIM, Memiliki staff yang berpengalaman tidak signifikan secara statistik.

Berdasarkan hasil analisis X4 dan X6 bertolak belakang dengan penelitian sebelumnya dimana faktor-faktor tersebut didukung dari studi literatur. Prioritas dan pengembangan sumberdaya pengembangan BIM merupakan CFS berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya. Perusahaan harus memiliki prioritas untuk mengembangkan sumber daya mulai dari anggaran, pengembangan alat, sampai dengan pengembangan sumber daya manusia Amuda Yusuf, G., Adebiyi, R. T., & Isa, B. M. (2018); Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020); Abu Awwad, K. (2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu dilakukan investigasi lebih lanjut terkait perbedaan hasil dari faktor tersebut.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria kontraktor dalam mengikuti tender konvensional serta faktor-faktor keberhasilan proyek konstruksi berbasis Building Information Modeling (BIM). Fokus utama diarahkan pada aspek-aspek yang perlu dipersiapkan kontraktor ketika mengikuti tender proyek berbasis BIM. Hasil analisis menunjukkan bahwa kesiapan kontraktor, manajemen pengendalian proyek, dan kelengkapan dokumen tender berpengaruh positif dan signifikan terhadap keberhasilan proyek BIM, masing-masing dengan nilai $p = 0,020$; $p = 0,048$; dan $p = 0,012$. Sebaliknya, manajemen infrastruktur perusahaan, pengalaman perusahaan, serta faktor eksternal tidak menunjukkan pengaruh signifikan, dengan nilai $p = 0,098$ dan $p = 0,130$, sehingga hipotesis terkait ditolak, meskipun begitu, hal ini perlu diinvestigasi lebih lanjut. Temuan ini menegaskan pentingnya kesiapan internal dan pengelolaan proyek yang baik dalam mendukung keberhasilan implementasi BIM di proyek konstruksi. Saran dari penelitian ini adalah perlunya penambahan jumlah responden dalam penelitian. Kualifikasi responden juga perlu diperhatikan mengingat pengalaman responden dalam proyek berbasis BIM sangat menentukan hasil dari analisis yang dilakukan. Lebih lanjut, perlu dilakukan tinjauan pustaka lebih mendalam karena sangat berpengaruh perumusan variabel serta indikator agar responden lebih memahami maksud dan tujuan dari pertanyaan kuesioner.

REFERENSI

- Abu Awwad, K. (2020). *The implementation of Building Information Modelling (BIM) Level 2 in the UK construction industry: the case of small and medium enterprises*. Coventry University.
- Alptekin, O., & Alptekin, N. (2017). Analysis of criteria influencing contractor selection using TOPSIS method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245(6), 62003.
- Amuda Yusuf, G., Adebiyi, R. T., & Isa, B. M. (2018). *BIM awareness and adoption by construction organizations in Nigerian*.

- Arikunto, S. (2006). Prosedur penelitian suatu pendekatan praktek Edisi V. *Jakarta: Rineka Cipta*, 69.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building, The*, 12(4), 15–28.
- Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019). Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- El-khalek, H. A., Aziz, R. F., & Morgan, E. S. (2019). Identification of construction subcontractor prequalification evaluation criteria and their impact on project success. *Alexandria Engineering Journal*, 58(1), 217–223.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. sage.
- Firmansyah, M. (2016). *IDENTIFIKASI FAKTOR-FAKTOR YANG HARUS DIPENUHI KONTRAKTOR DALAM MEMENANGKAN TENDER DI KABUPATEN LUMAJANG*.
- Firnawaty, F., & Ashad, H. (2021). Penentuan Pemenang Kontrak Kontruksi dengan Metode Penugasan (Assignment Model) pada Proyek Konstruksi Jalan. *Jurnal Flyover*, 1(2), 28–37.
- Georgiadou, M. C. (2019). An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. *Construction Innovation*.
- Ghozali, I. (2016). Aplikasi Analisis multivariete dengan program IBM SPSS 23 (Edisi 8). *Cetakan Ke VIII. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro*, 96.
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–152.
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24.
- Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Gudergan, S. P. (2017). *Advanced issues in partial least squares structural equation modeling*. saGe publications.
- Haryono, S. (2017). Metode SEM untuk penelitian manajemen dengan AMOS LISREL PLS. *Luxima Metro Media*, 450.
- Howay, I., Bachmid, S., & Supardi, S. (2022). Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap Akurasi Biaya pada Tahap Desain Proyek Jalan Nasional: Studi Kasus Peningkatan Jalan Basuki Rahmat Kota Sorong. *Jurnal Konstruksi: Teknik, Infrastruktur Dan Sains*, 1(7), 30–39.
- Indonesia. (2021). *PERPRES NO. 12 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden No. 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*. Sekretariat Negara.
- Kiwan, Y. M. T. (2019). Analisis Faktor Penentu Kemenangan Kontraktor saat Tender Proyek Konstruksi di Kabupaten Flores Timur dan Lembata. *SONDIR*, 3(2), 1–9.
- Korytářová, J., Hanák, T., Kozik, R., & Radziszewska–Zielina, E. (2015). Exploring the contractors' qualification process in public works contracts. *Procedia Engineering*, 123, 276–283.
- Liao, L., & Teo, E. A. L. (2017). Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8), 1029–1044.
- Mahamadu, A.-M., Mahdjoubi, L., & Booth, C. A. (2017). Critical BIM qualification criteria for construction pre-qualification and selection. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(5), 326–343.
- Majzoub, M., & Eweda, A. (2021). Probability of Winning the Tender When Proposing Using BIM Strategy: A Case Study in Saudi Arabia. *Buildings*, 11(7), 306.

- Maqsoom, A., Bajwa, S., Zahoor, H., Thaheem, M. J., & Dawood, M. (2019). Optimizing contractor's selection and bid evaluation process in construction industry: Client's perspective. *Revista de La Construcción*, 18(3), 445–458.
- Mwelu, N., Davis, P. R., Ke, Y., Watundu, S., & Jefferies, M. (2021). Success factors for implementing Uganda's public road construction projects. *International Journal of Construction Management*, 21(6), 598–614.
- Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2019). Critical success factors for implementing building information modeling and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey. *Sustainable Development*, 27(4), 587–602.
- Ozorhon, B., & Karahan, U. (2017). Critical success factors of building information modeling implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3), 4016054.
- Phang, T. C. H., Chen, C., & Tiong, R. L. K. (2020). New model for identifying critical success factors influencing BIM adoption from precast concrete manufacturers' view. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(4), 4020014.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204–214.
- Sancoko, B., & Pratama, B. R. (2020). Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Keputusan Penyedia untuk Memasukkan Penawaran pada Tender Pekerjaan Konstruksi di Kementerian Keuangan. *Jurnal Wacana Kinerja: Kajian Praktis-Akademis Kinerja Dan Administrasi Pelayanan Publik*, 23(1), 63–84.
- Sattung, T., Haerani, S., & Hakim, W. (2019). Faktor-Faktor Kriteria Pemilihan Kontraktor yang Mempengaruhi Kinerja Proyek. *Hasanuddin Journal of Applied Business and Entrepreneurship*, 2(2), 39–48.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach*. John Wiley & sons.
- Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9), 2737–2765.
- Sugiyono, D. (2013). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*.