



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 12743-12751

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Analisis QoS dan teknologi BIM untuk meningkatkan kualitas pendidikan teknik bangunan: Studi Kasus di SMKS Muhammadiyah Teknologi dan Rekayasa Serui

Jamaluddin<sup>1</sup>, Ridho Surya Kusuma<sup>2</sup>

<sup>12</sup> Program Studi S1 PJJ Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Kesehatan, Universitas Siber Muhammadiyah

<sup>1</sup>[jamaluddin20220100024@sibermu.ac.id](mailto:jamaluddin20220100024@sibermu.ac.id), <sup>2</sup>[ridhosurvakusuma@sibermu.ac.id](mailto:ridhosurvakusuma@sibermu.ac.id)

### Abstrak

Di tengah pesatnya transformasi digital industri *Architecture, Engineering, and Construction (AEC)* menuju integrasi *Artificial Intelligence (AI)* dan *Metaverse*, penelitian ini menganalisis kelayakan infrastruktur jaringan dan faktor-faktor perilaku yang memengaruhi penerimaan teknologi *Building Information Modeling (BIM)* pada pembelajaran teknik bangunan di SMKS Muhammadiyah Teknologi dan Rekayasa Serui. Studi dilakukan melalui dua fase sistematis. Fase pertama berfokus pada evaluasi objektif *Quality of Service (QoS)* menggunakan *Wireshark* terhadap tiga layanan internet (*IndiHome, IndiBiz, Starlink*) pada dua platform BIM berbasis web, yaitu *BIMviewer* dan *usBIM*. Hasil menunjukkan bahwa throughput seluruh layanan berada pada kategori rendah, sedangkan delay dan packet loss berada pada kategori sangat baik. Jitter yang tidak stabil, khususnya pada *IndiHome* saat jam sibuk, berpotensi menurunkan kenyamanan navigasi visual model 3D yang kompleks. Fase kedua menganalisis persepsi siswa menggunakan pendekatan *Structural Equation Modeling-Partial Least Squares (SEM-PLS)* dengan kerangka *Modified Technology Acceptance Model (TAM)*. Hasil menunjukkan bahwa kualitas jaringan tidak berpengaruh signifikan terhadap persepsi kemudahan maupun kegunaan. *Self-efficacy* berpengaruh kuat terhadap persepsi kemudahan, sementara *anxiety* secara unik berpengaruh signifikan terhadap persepsi kegunaan. Kemudahan penggunaan berpengaruh positif terhadap niat menggunakan BIM, dan niat penggunaan meningkatkan kepuasan siswa secara keseluruhan. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan adopsi BIM di lingkungan vokasi lebih ditentukan oleh faktor psikologis, kesiapan diri, dan persepsi manfaat masa depan siswa, sementara optimalisasi infrastruktur jaringan tetap menjadi prasyarat teknis untuk menjamin kelancaran operasional pembelajaran yang berkelanjutan menghadapi tuntutan industri digital masa depan.

**Kata kunci:** *Quality of Service, Building Information Modeling, Technology Acceptance Model, SEM-PLS, Pendidikan Vokasi*

### 1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah merevolusi lanskap pendidikan teknik bangunan, di mana integrasi *Building Information Modeling (BIM)* telah menjadi kompetensi penting untuk memenuhi tuntutan industri *Architecture, Engineering, and Construction (AEC)*. Integrasi BIM dalam pendidikan teknik tidak hanya meningkatkan pemahaman mahasiswa tetapi juga mempersiapkan mereka untuk berkontribusi secara efektif pada industri yang semakin terdigitalisasi [1], khususnya menuju era kota pintar berkelanjutan yang menuntut penguasaan teknologi imersif [2]. Teknologi BIM menawarkan efisiensi yang signifikan dalam perencanaan, desain, dan manajemen bangunan, termasuk potensi pengurangan pekerjaan ulang dan durasi proyek. Implementasi BIM yang konsisten telah terbukti mengurangi pekerjaan ulang, mempercepat proses desain, dan meningkatkan koordinasi di antara para pemangku kepentingan dalam proyek konstruksi, sehingga menjadikannya sangat relevan untuk penerapan dalam pendidikan [3].

Namun, perkembangan dalam teknologi konstruksi tidak lagi terbatas pada pemodelan 3D standar, tetapi telah berkembang menuju integrasi cerdas yang kompleks. Tren literatur terbaru menunjukkan pergeseran paradigma industri menuju penggunaan Kecerdasan Buatan (AI) dalam BIM [4], *integrasi data geospasial (BIM-GIS)* untuk kualitas berstandar ISO [5], dan bahkan memprediksi bahwa hal-hal ini akan menjadi pengubah permainan dalam metode pelatihan pendidikan vokasi di masa depan [6]. Transformasi teknologi yang cepat ini menuntut kesiapan infrastruktur pendidikan vokasi yang sangat baik; tanpa dukungan konektivitas jaringan yang stabil (QoS), mustahil bagi siswa untuk mengejar kompetensi tingkat lanjut ini, yang pada akhirnya berisiko memperlebar kesenjangan digital antara lulusan dan kebutuhan industri.

---

Analisis QoS dan teknologi BIM untuk meningkatkan kualitas pendidikan teknik bangunan: Studi Kasus di SMKS Muhammadiyah Teknologi dan Rekayasa Serui

Dalam konteks pendidikan vokasi, khususnya di SMKS Muhammadiyah Teknologi dan Rekayasa Serui, penguasaan BIM sangat bergantung pada kolaborasi digital yang efektif di antara para siswa. Oleh karena itu, ketersediaan infrastruktur jaringan yang memadai bukan sekadar pelengkap, melainkan prasyarat mendasar untuk memastikan kelancaran pertukaran data model bangunan yang kompleks secara *real-time*. Meskipun urgensi adopsi BIM sangat tinggi, implementasinya di lapangan sering kali terhambat oleh keterbatasan infrastruktur, khususnya yang berkaitan dengan kualitas layanan jaringan atau *Quality of Service* (QoS). Tantangan ini dikonfirmasi oleh penelitian Alrizqi [3], yang menemukan bahwa keterbatasan sumber daya dan infrastruktur, termasuk aksesibilitas perangkat lunak, merupakan hambatan utama dalam pemanfaatan BIM di lingkungan akademik.

Studi sebelumnya cenderung menelaah kurikulum BIM atau analisis jaringan teknis secara terpisah. Namun, evaluasi yang secara khusus menghubungkan parameter teknis QoS dengan aspek perilaku pengguna dalam konteks pendidikan masih sangat terbatas. Faktanya, kualitas layanan yang buruk berpotensi menurunkan persepsi kemudahan penggunaan suatu sistem. Seperti yang ditunjukkan oleh Naveed et al. [7] dalam sistem pembelajaran berbasis cloud [8][9], penentu kualitas layanan seperti keandalan sistem memiliki dampak signifikan terhadap penggunaan sistem secara aktif, yang pada akhirnya memengaruhi penerimaan dan motivasi mahasiswa untuk mengadopsi teknologi tersebut. Untuk menjembatani kesenjangan ini, penelitian ini mengadopsi pendekatan integratif yang menggabungkan standar teknis dan model perilaku. Dari perspektif teknis, evaluasi kinerja jaringan mengacu pada standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) untuk mengukur parameter objektif seperti *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Dari perspektif perilaku, penelitian ini menggunakan kerangka *Technology Acceptance Model* (TAM) yang dimodifikasi dengan mengintegrasikan variabel eksternal seperti *Perceived QoS*, *Self-Efficacy*, dan *Anxiety*. Pemilihan TAM didasarkan pada efektivitasnya yang telah terbukti dalam mengevaluasi adopsi teknologi pembelajaran daring, di mana variabel *perceived usefulness* dan *behavioral intention* terbukti secara signifikan memprediksi penggunaan sistem secara aktual [10].

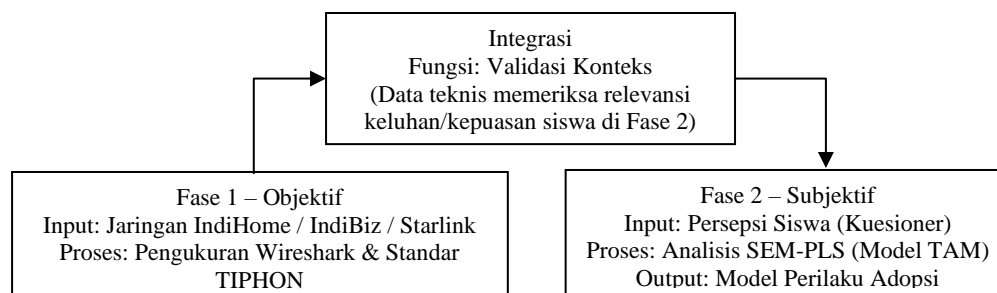
Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan teknis dari infrastruktur jaringan yang ada dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap adopsi teknologi BIM oleh mahasiswa. Penelitian ini berupaya untuk menunjukkan secara empiris bagaimana kinerja jaringan memengaruhi Persepsi Kemudahan Penggunaan (*Perceived Ease of Use*) dan Persepsi Kegunaan (*Perceived Usefulness*) mahasiswa, yang pada akhirnya membentuk Niat Perilaku (*Behavioral Intention*) mereka untuk menggunakan BIM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi ganda, baik dalam hal optimalisasi teknis infrastruktur maupun strategi pedagogis yang mempertimbangkan kesiapan psikologis mahasiswa dalam lingkungan pembelajaran berbasis digital.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain dua fase untuk mencapai analisis yang komprehensif. Fase pertama adalah kuantitatif deskriptif, yang berfokus pada pengukuran parameter teknis jaringan (*Quality of Service*). Fase kedua adalah kuantitatif eksplanatori, yang bertujuan untuk menguji model penerimaan teknologi berdasarkan data perilaku pengguna. Hasil analisis teknis pada fase pertama berfungsi sebagai kondisi objektif dari infrastruktur jaringan, yang merepresentasikan lingkungan nyata tempat perilaku pengguna terjadi. Pengukuran QoS teknis berfungsi sebagai data kebenaran dasar yang menggambarkan kualitas stimulus fisik yang diterima oleh mahasiswa. Tanpa data ini, persepsi mahasiswa dalam kuesioner pada fase kedua hanya akan merepresentasikan opini subjektif tanpa referensi validitas teknis.

Interpretasi hasil mengintegrasikan temuan dari kedua fase melalui pendekatan konfirmasi dan anomali. Konfirmasi terjadi ketika kekurangan teknis selaras dengan persepsi negatif siswa, yang memvalidasi infrastruktur sebagai hambatan utama. Sebaliknya, anomali muncul ketika keterbatasan teknis tidak memiliki dampak linier terhadap persepsi, yang menunjukkan dominasi faktor mitigasi lain seperti toleransi pengguna atau efikasi diri.



Gambar 1. Hubungan Dua Fase (sumber : Dokumentasi Pribadi tahun 2025)

## 2.2. Lokasi dan Subjek Penelitian

Studi kasus dilaksanakan di SMKS Muhammadiyah Teknologi dan Rekayasa Serui. Populasi penelitian meliputi seluruh siswa Jurusan Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan (DPIB) dan Teknik Konstruksi dan Perumahan Tahun Ajaran 2025/2026.

Kuesioner berhasil menjangkit 100 dari 119 populasi target, menghasilkan tingkat respons (response rate) sebesar 84%. Tingkat partisipasi yang tinggi ini sangat krusial untuk memitigasi risiko bias non-respons (non-response bias), yang menurut studi Zini dan Banfi [11] berpotensi mendistorsi validitas data jika responden yang berpartisipasi memiliki karakteristik yang berbeda secara sistematis dengan yang tidak berpartisipasi. Dengan response rate 84%, data sampel ini dianggap telah meminimalkan risiko tersebut dan valid untuk merepresentasikan populasi siswa kejuruan di lokasi penelitian.

## 2.3. Instrumen dan Skenario Pengukuran

Instrumen penelitian dibagi berdasarkan fase kegiatan yaitu :

### Fase 1 Pengukuran Teknis QoS

Data lalu lintas jaringan direkam menggunakan perangkat lunak Wireshark selama durasi 7 hari pada jam kerja dan di luar jam kerja untuk menangkap variasi beban trafik. Skenario pengujian meliputi aktivitas upload, viewing, measurement, dan download model bangunan. Untuk menstandarisasi prosedur pengujian, penelitian ini menggunakan 8 sampel file model bangunan format .dwg yang merepresentasikan variasi beban kerja nyata siswa. Sampel tersebut terdiri dari 5 file tugas asli siswa (rentang ukuran 358 KB hingga 4,7 MB) dan 3 file modifikasi dengan kompleksitas lebih tinggi (rentang ukuran 5,7 MB hingga 10,4 MB), sehingga total spektrum ukuran file uji mencakup 358 KB hingga 10,4 MB guna menguji konsistensi throughput jaringan pada berbagai kondisi beban data. Validitas komparasi antar-ISP (IndiHome, IndiBiz, Starlink) dijaga melalui penerapan kendali trafik identik (*identical traffic load*), di mana setiap layanan menerima beban pengunggahan paket file yang sama persis. Objek pembebanan lalu lintas menggunakan dua platform BIM berbasis web dengan arsitektur berbeda yaitu :

#### **BIMviewer.org (Client-Side Rendering)**

Platform penampil IFC open-source yang memproses visualisasi model secara lokal pada peramban pengguna (client-side). Sebagaimana dicatat oleh Chen et al. [12], penggunaan BIM viewer merupakan metode efektif untuk mengeksplorasi model 3D tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak authoring yang berat. Keunggulan platform ini adalah dukungannya terhadap berbagai format CAD dan BIM, termasuk kemampuan memvisualisasikan file DWG secara langsung tanpa konversi. Oleh karena itu, pengukuran pada platform ini difokuskan untuk menilai dampak parameter jaringan, khususnya throughput, terhadap waktu muat awal (initial loading) model DWG yang digunakan sebagai objek uji.

#### **usBIM (Cloud-Based Streaming)**

Sistem *Common Data Environment (CDE)* dari *ACCA Software* ini dipilih untuk mensimulasikan lingkungan kerja kolaboratif. De Gaetani et al. [13] dalam studi interoperabilitasnya mengonfirmasi bahwa viewer pada ekosistem usBIM memiliki keandalan tinggi dalam membaca format IFC standar (ISO 16739), di mana parameter semantik seperti Phase Number dapat ditransfer tanpa kehilangan data, mengungguli beberapa platform desktop lainnya. Selain format IFC, usBIM juga memiliki kapabilitas native untuk membaca dan mengelola file format DWG secara online, menjadikannya relevan untuk pengujian yang melibatkan format gambar kerja konvensional.

### Fase 2 Pengukuran Perilaku

Data persepsi pengguna dikumpulkan menggunakan kuesioner tertutup dengan Skala Likert 5 poin (1=Sangat Tidak Setuju s.d 5=Sangat Setuju). Instrumen ini dirancang untuk mengukur variabel dalam kerangka kerja Modified TAM, meliputi: *Perceived QoS* (persepsi kualitas jaringan), *Self-Efficacy* (keyakinan diri), *Anxiety* (kecemasan), *Perceived Ease of Use* (Kemudahan Penggunaan yang Dirasakan), *Perceived Usefulness* (Kegunaan yang Dirasakan), dan *Behavioral Intention* (niat penggunaan).

### Perangkat Keras dan Lunak

Penelitian ini menggunakan perangkat keras laptop dengan spesifikasi *prosesor Intel Core i5*, *RAM 16GB*, dan kartu grafis *Multiple GPUs* untuk menjalankan simulasi BIM. Perangkat lunak yang digunakan meliputi *Wireshark* versi 4.6.1 untuk analisis paket jaringan, peramban *Google Chrome* versi 142.0.7444.176 untuk akses platform *BIM web-based*, dan *SmartPLS* versi 4.1.1.6 untuk analisis statistik model persamaan struktural.

## 2.4. Teknik Analisis Data

### Analisis QoS

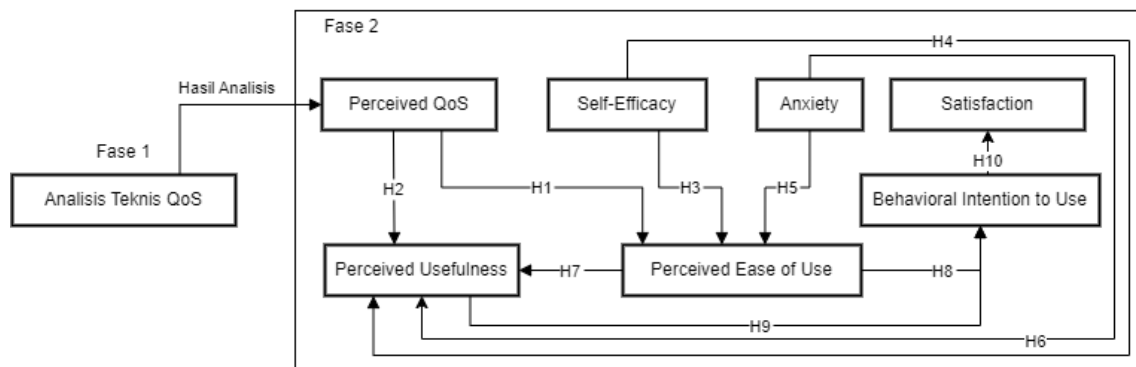
Data hasil tangkapan Wireshark diekstraksi untuk mendapatkan nilai rata-rata *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*. Kualitas jaringan kemudian diklasifikasikan berdasarkan standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) sebagaimana disajikan pada Tabel 1 [14].

Tabel 1. Standar TIPHON

Kategori	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Lost (%)	Indeks
Sangat Bagus	> 2100	< 150	0	0 - 2	4
Bagus	1200 - 2100	150 - 300	0 - 75	3 - 14	3
Cukup	700 - 1200	300 - 450	75 - 125	15 - 24	2
Buruk	338 - 700	> 450	125 - 225	> 25	1

### Analisis Model Struktural

Data kuesioner dianalisis menggunakan metode *Structural Equation Modeling - Partial Least Squares (SEM-PLS)* berbantuan perangkat lunak SmartPLS. Tahapan analisis meliputi evaluasi *Outer Model* untuk menilai kelayakan instrumen. Evaluasi model pengukuran (*outer model*) dilakukan dengan memvalidasi nilai *Composite Reliability (CR)* di atas 0,70 dan *Average Variance Extracted (AVE)* di atas 0,50 untuk memastikan konsistensi internal dan validitas konvergen instrument [7][15]. Data mentah disaring dari *outlier* berupa pola jawaban monoton (*straight-lining*) dan data tidak lengkap. Validitas data lebih lanjut dipastikan melalui algoritma PLS-SEM yang *robust*, di mana indikator dengan loading factor rendah atau negatif dieliminasi dari model pengukuran untuk menjamin reliabilitas hasil analisis. Selanjutnya, dilakukan evaluasi *Inner Model* untuk menguji signifikansi hubungan antar variabel (hipotesis).



Gambar 2. Kerangka Pemikiran Penelitian (sumber : Dokumentasi Pribadi tahun 2025)

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1. Fase 1 Evaluasi Kinerja Jaringan (Analisis Objektif)

Pengukuran kualitas layanan (Quality of Service) dilakukan selama 7 hari pada dua platform BIM berbasis web yang memiliki karakteristik berbeda yaitu BIMviewer.org (rendering sisi klien) dan usBIM (manajemen data cloud). Pengukuran melibatkan tiga penyedia layanan internet (ISP), yakni IndiHome, IndiBiz, dan Starlink, pada dua segmen waktu: jam kerja (08.00–16.30 WIT) dan di luar jam kerja (19.00–23.30 WIT).

### Analisis Perbandingan Parameter QoS

Rekapitulasi nilai rata-rata parameter QoS untuk kedua platform disajikan secara komparatif pada Tabel 2. Data ini merupakan hasil agregasi dari pengukuran harian untuk mendapatkan gambaran performa yang representatif.

Tabel 2 Rekapitulasi Rata-Rata Parameter QoS pada Platform BIMviewer dan usBIM

Layanan (ISP)	Waktu	Platform	Throughput (Kbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
IndiHome	Jam Kerja	BIMviewer	76,210	91,971	91,975	0,459
		usBIM	195,292	94,254	94,252	0,500
	luar Jam Kerja	BIMviewer	176,388	53,343	53,371	0,391
		usBIM	250,825	54,807	54,807	0,177
IndiBiz	Jam Kerja	BIMviewer	319,942	21,151	21,234	1,160

		usBIM	337,648	28,908	28,914	0,201
	luar Jam Kerja	BIMviewer	309,322	20,887	20,919	1,157
		usBIM	291,622	28,656	28,662	0,419
Starlink	Jam Kerja	BIMviewer	195,413	46,868	46,950	0,051
		usBIM	215,510	56,989	56,989	0,084
	luar Jam Kerja	BIMviewer	203,897	50,210	50,266	0,006
		usBIM	284,483	39,914	39,913	0,130

Sumber: Data diolah sendiri (2025)

Berdasarkan Tabel 2, dilakukan penilaian kategori kualitas layanan mengacu pada standar TIPHON sebagaimana dirangkum dalam Tabel 3

Tabel 3 Kategorisasi Kualitas Layanan Berdasarkan Standar TIPHON

Layanan (Jam Kerja)	Parameter	Nilai Rata-rata		Kategori TIPHON	Analisis Dampak
		BIMviewer	usBIM		
IndiHome	Throughput (Kbps)	76,210	195,292	Buruk	Loading awal model lambat
	Delay (ms)	91,971	94,254	Sangat Bagus	Responsif, namun rentan fluktuasi
	Jitter (ms)	91,975	94,252	Cukup	Potensi lag visual saat rotasi model
	Packet Loss (%)	0,459	0,500	Sangat Bagus	Integritas data terjaga
IndiBiz	Throughput (Kbps)	319,942	337,648	Buruk	Masih di bawah standar ideal (>2000 Kbps)
	Delay (ms)	21,151	28,908	Sangat Bagus	Latensi minimal, sangat responsif
	Jitter (ms)	21,234	28,914	Bagus	Stabilitas koneksi tinggi
	Packet Loss (%)	1,157	0,201	Sangat Bagus	Data aman, sedikit loss pada BIMviewer
Starlink	Throughput (Kbps)	195,413	215,510	Buruk	Kecepatan setara IndiHome (Jam Kerja)
	Delay (ms)	46,868	56,989	Sangat Bagus	Latensi satelit sangat kompetitif
	Jitter (ms)	46,950	56,989	Bagus	Lebih stabil dibanding IndiHome
	Packet Loss (%)	0,051	0,084	Sangat Bagus	Paling andal dalam integritas data

Sumber: Data diolah sendiri (2025)

## Pembahasan Hasil Pengukuran Teknis

Hasil pengukuran menunjukkan anomali yang konsisten di mana nilai throughput pada seluruh layanan berada dalam kategori "Buruk" (<338 Kbps) menurut standar TIPHON, sementara parameter delay dan packet loss menunjukkan performa "Sangat Bagus". Konsekuensi teknis dari rendahnya throughput ini bervariasi berdasarkan arsitektur platform. Pada *BIMviewer.org* (*client-side*), defisit bandwidth menjadi bottleneck kritis hanya pada fase *initial loading*; kecepatan 76 Kbps (*IndiHome*) memaksa siswa menunggu 18–20 menit untuk memuat file 10,4 MB, jauh di bawah standar efisiensi 25–50 Mbps yang direkomendasikan *Hougen* [16]. Namun, interaksi pasca muat berjalan lancar karena pemrosesan beralih ke perangkat lokal. Sebaliknya, pada *usBIM* (*cloud streaming*), keterbatasan throughput mendegradasi akurasi visual secara persisten berupa tampilan tekstur buram dan munculnya efek *pop-in* (keterlambatan munculnya detail objek) yang mengganggu presisi inspeksi konstruksi.

*Jitter* menjadi pembeda utama kualitas antar *ISP*. *IndiHome* (layanan eksisting sekolah) mencatat *jitter* tertinggi (94 ms) pada jam kerja, yang masuk kategori "Cukup". Variasi kedatangan paket yang tinggi ini berisiko menyebabkan tampilan model patah-patah (*stuttering*) saat navigasi cepat. Tingginya nilai ini memberikan dampak fundamental berbeda akibat arsitektur platform, pada *usBIM* yang mengandalkan *cloud streaming*, *jitter* tinggi bermanifestasi nyata berupa jeda *rotasi* (*input lag*) sekitar 0,5 - 1 detik antara pergerakan mouse siswa dengan respons perputaran model di layar dan tampilan patah-patah (*stuttering*) saat melakukan inspeksi detail (sambungan konstruksi), pergerakan kamera menjadi patah-patah atau mengalami efek karet gelang (*rubberbanding effect*), yang menyulitkan siswa memosisikan objek secara presisi yang mengganggu presisi interaksi. Sebaliknya, pada *BIMviewer.org* yang memproses visualisasi secara lokal (*client-side*), *instabilitas* ini tidak mempengaruhi kelancaran navigasi, namun meningkatkan risiko kegagalan koneksi (*time-out*) secara signifikan pada fase pengunggahan file model di awal sesi.

Sebaliknya, *IndiBiz* menunjukkan stabilitas terbaik dengan *jitter* 21-28 ms dengan kategori "Bagus", menjadikannya opsi paling ideal untuk kenyamanan visual. Menariknya, Starlink sebagai layanan satelit mampu memberikan stabilitas *jitter* (46-56 ms) yang lebih baik daripada koneksi kabel *IndiHome* pada jam sibuk, menjadikannya alternatif yang layak untuk wilayah dengan infrastruktur kabel terbatas. Seluruh layanan menunjukkan packet loss yang sangat rendah (<2%), yang berarti integritas data model bangunan sangat terjaga. Hal ini krusial dalam konteks BIM, di mana hilangnya paket data dapat menyebabkan korupsi pada file proyek

yang kompleks. Starlink mencatatkan performa terbaik dengan packet loss mendekati 0%, menjamin keamanan transfer data tugas siswa.

Secara keseluruhan, meskipun infrastruktur jaringan saat ini (IndiHome) masih fungsional untuk menjaga integritas data, ketidakstabilan jitter dan rendahnya throughput menjadi hambatan teknis yang nyata. Temuan ini sejalan dengan studi Alrizqi dan Fazri [3] yang mengidentifikasi keterbatasan infrastruktur sebagai tantangan utama adopsi BIM di kampus. Diperlukan optimalisasi manajemen bandwidth atau migrasi ke layanan dengan stabilitas lebih tinggi seperti IndiBiz untuk mendukung pengalaman pembelajaran yang mulus.

### 3.2. Fase 2 Analisis Model Penerimaan Teknologi (Analisis Subjektif)

Analisis perilaku pengguna dilakukan menggunakan metode *Structural Equation Modeling - Partial Least Squares (SEM-PLS)* untuk menguji model penerimaan teknologi yang diusulkan. Pengolahan data dilakukan dalam dua tahap yaitu evaluasi model pengukuran (*outer model*) dan pengujian hipotesis (*inner model*)

#### Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*)

Evaluasi *outer model* bertujuan untuk memastikan validitas dan reliabilitas instrumen penelitian. Tahap pertama adalah uji validitas konvergen dengan melihat nilai *outer loadings* setiap indikator. Sebuah indikator dinyatakan valid jika memiliki nilai *loading factor* > 0,70. Berdasarkan hasil perhitungan *algoritma PLS*, beberapa indikator yang tidak memenuhi syarat telah dieliminasi. Hasil akhir nilai *outer loadings* untuk indikator yang valid disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Tabel Outer Loadings

Variabel	Indikator	Outer Loading	Keterangan
Anxiety (ANX)	ANX1	0.706	Valid
	ANX2	0.877	Valid
	ANX3	0.833	Valid
Behavioral Intention (BI)	BI2	0.820	Valid
	BI3	0.767	Valid
Perceived Ease of Use (PEOU)	PEOU2	0.741	Valid
	PEOU3	0.771	Valid
	PEOU4	0.746	Valid
Perceived Usefulness (PU)	PU2	0.859	Valid
	PU4	0.727	Valid
Perceived QoS (QoS)	QoS1	0.789	Valid
	QoS2	0.791	Valid
	QoS3	0.857	Valid
	QoS4	0.885	Valid
Satisfaction (SAT)	SAT1	0.816	Valid
	SAT2	0.784	Valid
Self-Efficacy (SE)	SE2	0.915	Valid
	SE3	0.880	Valid

(Sumber: Hasil Olah Data SmartPLS 4 Tahun 2025)

Selanjutnya, evaluasi reliabilitas dilakukan melalui nilai *Composite Reliability (rho\_c)* dan *Average Variance Extracted (AVE)*. Meskipun terdapat beberapa konstruk dengan nilai *Cronbach's Alpha* < 0,70, seluruh variabel memiliki nilai *Composite Reliability* di atas ambang batas (>0,70) dan nilai *AVE* > 0,50 sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Hal ini menunjukkan bahwa konstruk telah memenuhi konsistensi internal yang memadai. Dalam konteks *PLS-SEM*, *Composite Reliability* dipandang lebih akurat daripada *Cronbach's Alpha* untuk model dengan jumlah indikator relatif sedikit [17].

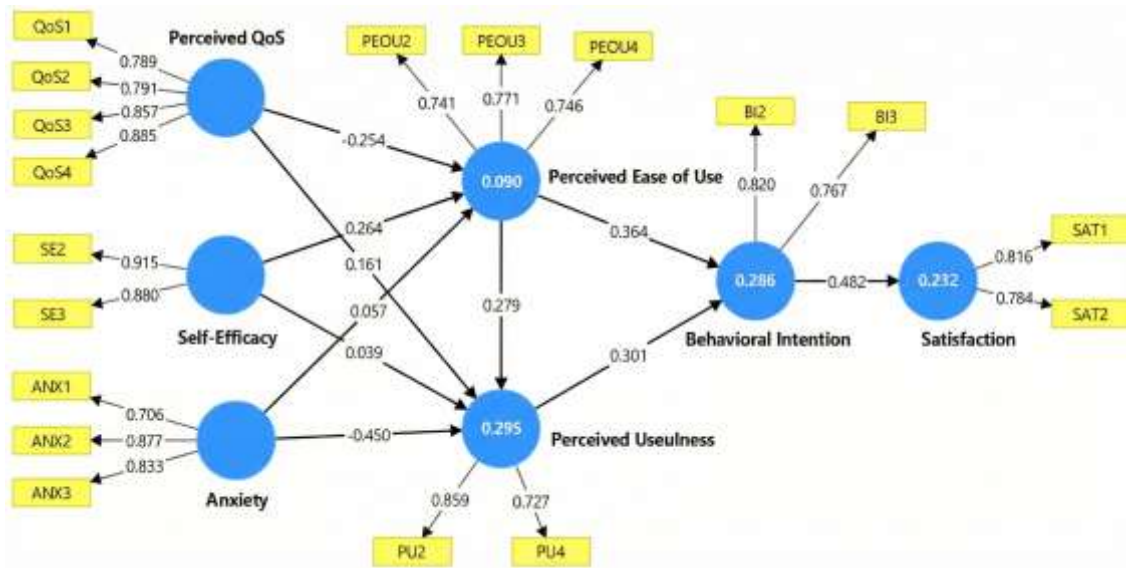
Dengan demikian, seluruh konstruk pada model penelitian dinyatakan valid dan reliabel untuk dilanjutkan pada tahap pengujian struktural (*inner model*).

Tabel 5 Hasil Uji Reliabilitas dan Validitas

Variabel	Cronbach's Alpha	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)	Keterangan
Anxiety	0.731	0.849	0.654	Reliabel & Valid
Behavioral Intention	0.414	0.773	0.630	Reliabel & Valid
Perceived Ease of Use	0.618	0.797	0.566	Reliabel & Valid
Perceived QoS	0.880	0.899	0.692	Reliabel & Valid
Perceived Usefulness	0.429	0.774	0.633	Reliabel & Valid
Satisfaction	0.440	0.781	0.641	Reliabel & Valid
Self-Efficacy	0.761	0.893	0.806	Reliabel & Valid

(Sumber: Hasil Olah Data SmartPLS 4 Tahun 2025)

**Pengujian Hipotesis (Inner Model)**



Gambar 3 Model Diagram SmartPLS (sumber : Hasil Olah Data SmartPLS 4 Tahun 2025)

Tabel 6 Hasil Pengujian Hipotesis

Hipotesis	Jalur Hubungan (Path)	P-Values	T-Statistics	Keputusan
H1	Perceived QoS → Perceived Ease of Use	0.145	1.459	Ditolak
H2	Perceived QoS → Perceived Usefulness	0.271	1.101	Ditolak
H3	Self-Efficacy → Perceived Ease of Use	0.029	2.185	Diterima
H4	Self-Efficacy → Perceived Usefulness	0.723	0.354	Ditolak
H5	Anxiety → Perceived Ease of Use	0.669	0.427	Ditolak
H6	Anxiety → Perceived Usefulness	0.000	4.450	Diterima
H7	Perceived Ease of Use → Perceived Usefulness	0.073	1.792	Ditolak
H8	Perceived Ease of Use → Behavioral Intention	0.001	3.427	Diterima
H9	Perceived Usefulness → Behavioral Intention	0.054	1.927	Ditolak
H10	Behavioral Intention → Satisfaction	0.000	4.600	Diterima

(Sumber: Hasil Olah Data SmartPLS 4 Tahun 2025)

Pengujian hipotesis dilakukan dengan metode bootstrapping. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian 10 jalur hubungan antar variabel yang diuji. Dari keseluruhan hipotesis, empat hubungan dinyatakan signifikan yakni H3 (*Self-Efficacy* → *Perceived Ease of Use*), H6 (*Anxiety* → *Perceived Usefulness*), H8 (*Perceived Ease of Use* → *Behavioral Intention*), dan H10 (*Behavioral Intention* → *Satisfaction*). Sementara itu, enam hipotesis lainnya tidak signifikan, termasuk pengaruh *Perceived QoS* terhadap *Perceived Ease of Use* (H1) dan *Perceived Usefulness* (H2), serta pengaruh *Perceived Usefulness* terhadap *Behavioral Intention* (H9).

**Pembahasan Integratif (Synthesis)**

**Ketidaksesuaian antara Kinerja Teknis Jaringan dan Persepsi Siswa**

Pada fase 1 menunjukkan throughput yang rendah dan jitter tinggi pada layanan *IndiHome*, sementara Fase 2 menunjukkan bahwa *Perceived QoS* tidak berpengaruh signifikan terhadap *Perceived Ease of Use* maupun *Perceived Usefulness* (H1 dan H2 ditolak). Hal ini mengindikasikan bahwa siswa tidak menjadikan kondisi jaringan sebagai faktor utama dalam menilai kemudahan atau kegunaan BIM. Persepsi mereka kemungkinan dipengaruhi oleh packet loss yang sangat kecil (<1%), yang membuat aplikasi tetap terasa stabil meskipun lambat. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui Teori Dua Faktor *Herzberg* di mana kualitas jaringan berfungsi sebagai *Hygiene Factor* yaitu standar minimum yang diharapkan bukan sebagai motivator. Penelitian Agung et al. [17] misalnya menemukan bahwa kualitas sistem yang di dalamnya mencakup stabilitas dan ketersediaan jaringan tidak berpengaruh signifikan terhadap persepsi kegunaan maupun minat penggunaan, meskipun arah hubungannya tetap positif. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi kegunaan lebih banyak dipengaruhi oleh manfaat inti teknologi, seperti efisiensi waktu, kemudahan akses, dan kemampuan menyederhanakan proses, dibandingkan kondisi jaringan yang bersifat fluktuatif dan sering kali berada di luar kendali pengguna.

## Kemudahan Bukan Faktor Penentu Minat Menggunakan BIM

Hasil menunjukkan bahwa *Perceived Ease of Use* tidak berpengaruh signifikan terhadap *Perceived Usefulness* maupun *Behavioral Intention* (H7 dan H9 ditolak). Namun, *Perceived Ease of Use* berpengaruh signifikan terhadap *Behavioral Intention* (H8 diterima). Hal ini menunjukkan bahwa dalam pendidikan vokasi, aspek kemudahan operasional merupakan pendorong utama adopsi teknologi. Temuan ini konsisten dengan studi pada mahasiswa politeknik di Malaysia, yang menemukan bahwa persepsi kemudahan penggunaan berkontribusi secara positif dalam membentuk sikap terhadap penerimaan BIM, karena mahasiswa vokasi lebih berorientasi pada penerapan praktis langsung [18]. Temuan ini menunjukkan bahwa niat mahasiswa untuk menggunakan BIM lebih terkait dengan persepsi bahwa BIM langsung bermanfaat bagi proses pembelajaran dan kesiapan kerja..

Dalam konteks pendidikan vokasi, siswa cenderung mengevaluasi penggunaan BIM berdasarkan manfaat jangka panjang yang dirasakan terhadap kesiapan kerja dan relevansi dengan kebutuhan industri. Meskipun terdapat hambatan teknis sesaat seperti kualitas jaringan yang kurang optimal atau waktu pemuatan awal yang lebih lama, kondisi tersebut tidak secara signifikan menurunkan persepsi kegunaan karena BIM dipandang sebagai kompetensi penting yang mendukung peluang kerja di masa depan, sejalan dengan temuan penelitian berbasis TAM yang menunjukkan bahwa pengguna tetap menerima teknologi selama manfaat utamanya tercapai meskipun kualitas sistem tidak optimal [17]. Dengan demikian, siswa lebih memprioritaskan nilai hasil (*outcome-oriented*) dibandingkan kenyamanan proses teknis, sehingga hambatan teknis sementara menjadi faktor yang dapat ditoleransi selama tujuan pembelajaran tetap tercapai.

## Self-Efficacy sebagai Faktor Penentu Utama

*Self-Efficacy* telah terbukti secara signifikan mempengaruhi *Perceived Usefulness* (H3). Ini berarti bahwa kepercayaan diri mahasiswa dalam menghadapi tantangan teknologi sangat menentukan persepsi mereka tentang kemudahan dan kegunaan BIM. Temuan ini sejalan dengan teori Efikasi Diri dan Kesiapan Teknologi, yang menekankan bahwa kesiapan psikologis dan kepercayaan diri pengguna memainkan peran lebih besar dalam adopsi teknologi dibandingkan faktor teknis. Efikasi diri merupakan komponen fundamental dalam menentukan efektivitas di lingkungan pendidikan, dan hasil studi ini menunjukkan bahwa mahasiswa dengan kepercayaan diri tinggi cenderung memandang hambatan teknis dalam BIM sebagai tantangan yang mudah diatasi [19].

Selain itu, pengaruh signifikan *Anxiety* terhadap *Perceived Usefulness* dapat dijelaskan melalui konsep kecemasan komputer, di mana *Anxiety* tidak selalu menjadi hambatan tetapi justru mencerminkan kesadaran siswa akan pentingnya BIM sebagai kompetensi kerja yang relevan untuk karier masa depan mereka. Dalam konteks pendidikan vokasi, kemampuan regulasi diri dan kesiapan psikologis siswa (pembelajaran yang diatur sendiri) memungkinkan mereka terus memandang BIM sebagai teknologi yang berguna meskipun terdapat keterbatasan infrastruktur, menjadikan faktor psikologis sebagai penentu utama adopsi BIM [20].

## 4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas jaringan dari tiga ISP yang diuji masih belum memenuhi standar throughput ideal untuk pembelajaran BIM berbasis web, meskipun parameter delay dan packet loss berada dalam kategori sangat baik. Hambatan utama terletak pada throughput yang rendah dan jitter yang tidak stabil, yang memengaruhi waktu pemuatan model awal dan kenyamanan navigasi. IndiBiz memberikan kinerja yang paling stabil, sementara IndiHome mengalami jitter tertinggi selama jam kerja. Di sisi perilaku pengguna, hasil analisis tahap kedua menunjukkan bahwa kondisi teknis jaringan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap persepsi kemudahan penggunaan maupun kegunaan BIM. Faktor internal seperti efikasi diri dan manfaat yang dirasakan memainkan peran yang lebih dominan dalam membentuk niat siswa untuk menggunakan BIM, dan niat penggunaan terbukti memiliki dampak yang kuat terhadap kepuasan. Temuan ini menekankan bahwa keberhasilan adopsi BIM dalam pendidikan vokasi lebih ditentukan oleh kesiapan psikologis siswa dan manfaat yang mereka rasakan dibandingkan oleh kualitas jaringan, sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang berfokus pada peningkatan kompetensi, kepercayaan diri, dan pemahaman terhadap manfaat BIM, disertai dengan optimalisasi infrastruktur jaringan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran.

## Referensi

- [1] Setiyono and T. Rahardianto, "Integrasi Building Information Modeling (BIM) terhadap Kesiapan Lulusan Teknik Sipil Menghadapi Transformasi Digital di Industri Konstruksi," *J. Pract. Learn. Educ. Dev.*, vol. 4, no. 4, pp. 343–349, Nov. 2024, doi: 10.58737/jpled.v4i4.36.
- [2] Z. Liu, Y. He, P. Demian, and M. Osmani, "Immersive Technology and Building Information Modeling (BIM) for Sustainable Smart Cities," *Buildings*, vol. 14, no. 6, 2024, doi: 10.3390/buildings14061765.
- [3] Ilham F. Muhammad Rafli Alrizqi, "untung, Batasan, tantangan BIM dalam pembelajaran".
- [4] N. Rane, "Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities," *SSRN Electron. J.*, 2023, doi: 10.2139/ssrn.4616055.

- [5] P. Araya-Santelices, P. Moraga, E. Atencio, F. Lozano-Galant, and J. A. Lozano-Galant, "BIM-GIS-Based Approach for Quality Management Aligned with ISO 9001," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 11, pp. 1–32, 2025, doi: 10.3390/app15116107.
- [6] A. Nisrina and H. Angga, "Is education possible in the metaverse especially in Indonesia?," *Hipkin J. Educ. Res. /*, vol. 1, no. 1, pp. 49–60, 2024.
- [7] Q. N. Naveed, M. M. Alam, A. I. Qahmash, and K. M. Quadri, "Exploring the determinants of service quality of cloud elearning system for active system usage," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 9, May 2021, doi: 10.3390/app11094176.
- [8] I. Riadi, A. Z. Ifani, and R. S. Kusuma, "Optimization and Evaluation of Authentication System using Blockchain Technology," *Emerg. Sci. J.*, vol. 4, no. Special issue, pp. 225–240, 2020, doi: 10.28991/esj-2021-SP1-015.
- [9] R. Umar, I. Riadi, and R. S. Kusuma, "Mitigating sodinokibi ransomware attack on cloud network using software-defined networking (SDN)," *Int. J. Saf. Secur. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 239–246, 2021, doi: 10.18280/ijssse.110304.
- [10] A. Faisal, F. Handayanna, and I. Purnamasari, "IMPLEMENTATION TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL (TAM) ON ACCEPTANCE OF THE ZOOM APPLICATION IN ONLINE LEARNING," *J. Ris. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 85–92, Mar. 2021, doi: 10.34288/jri.v3i2.195.
- [11] M. Zini and G. Banfi, "A narrative literature review of bias in collecting patient reported outcomes measures (PROMs)," Dec. 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/ijerph182312445.
- [12] A. M. Chen Chunlei, Amer Hamzah Bin Jantan, "The Intervening Role of Perceived Ease of Use and Perceived Usefulness on the relationship between Information Quality, System Quality, Service Quality and Building Information Model (BIM) User Satisfaction in China," *J. Int. Bus. Manag.*, vol. 6, no. 12, p. 12, 2023, [Online]. Available: <https://rpajournals.com/jibm-current-issue/>
- [13] C. I. De Gaetani, M. Mert, and F. Migliaccio, "Interoperability analyses of BIM platforms for construction management," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 13, Jul. 2020, doi: 10.3390/app10134437.
- [14] I. S. N. Nisa, Rahmat Miyarno Saputro, Tegar Fatwa Nugroho, and Alfira Rizqi Lahitani, "Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan Internet Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya," *Teknomatika J. Inform. dan Komput.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2024, doi: 10.30989/teknomatika.v17i1.1307.
- [15] Putu Gede Subhaktiyasa, "PLS-SEM for Multivariate Analysis: A Practical Guide to Educational Research using SmartPLS," *EduLine J. Educ. Learn. Innov.*, vol. 4, no. 3, pp. 353–365, 2024, doi: 10.35877/454ri.eduline2861.
- [16] A. Hougen, "What Is a Good Internet Speed in 2025 for Browsing, Streaming & Gaming." Accessed: Dec. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.cloudwards.net/good-internet-speed/>
- [17] A. Agung and R. Tanamal, "Pengaruh Persepsi Kegunaan, Persepsi Kemudahan, Kepuasan, Kualitas Sistem, dan Pemahaman Wajib Pajak Terhadap Minat Wajib Pajak Orang Pribadi (WPOP) Dalam Penggunaan E-Filing," *Teknika*, vol. 10, no. 2, pp. 128–136, 2021, doi: 10.34148/teknika.v10i2.368.
- [18] N.-U. Balqes, M. Zaid, S. H. Harris, and A. B. Philip, "Understanding BIM Adoption: A study of Usefulness, Ease of Use, and Attitude Among Malaysian Polytechnic Students," *JTVE, Spec. Ed. NARTC 2024*, vol. 9, no. 2, pp. 128–0821, 2024, [Online]. Available: <http://upikpolimas.edu.my/ojs/>
- [19] M. Rezaull Karim, N. Ahmed Masud, M. T. Nesa Subarna, M. M. Billah, and P. Wienaah, "Self-efficacy: A Key Components of Teacher Effectiveness," *Asian J. Educ. Soc. Stud.*, vol. 25, no. 1, pp. 24–34, 2021, doi: 10.9734/ajess/2021/v25i130590.
- [20] E. I. Suparyono and S. Paling, "Transformasi Pembelajaran Berbasis Teknologi: Literasi Digital, Self-Efficacy, dan Persepsi Teknologi Sebagai Kunci Utama," *Pedagog J. Ilm.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: 10.71387/pji.v3i1.103.