

PENILAIAN EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI *BUILDING INFORMATION MODELLING* (BIM) PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

Sarju^{*}, Dwi Vera Asmarayani, Nindyo Cahyo Kresnanto

Civil Engineering Department, Janabadra University, Indonesia

^{*}Corresponding author: sarju@janabadra.ac.id

Abstract: This study significantly assesses the effectiveness of BIM implementation with research samples taken on building construction projects that have implemented BIM applications. The analysis is carried out by observing the responses of the planning team, contractors and construction management. The essential factors used as an approach in the research were developed into six variables, namely Organization (X1), Application (X2), Equipment (X3), Project Team (X4), Process (X5), and Business Model (X6). The six variables consist of 123 indicators to facilitate questionnaire surveys and assess the effectiveness of BIM implementation. The survey was conducted on the construction industry in Indonesia. The data obtained were analyzed by reliability, ranking, and *One-Way* Anova Kruskal Wallis test. The ranking analysis is designed by assessing the indicators of each variable and giving a score to rank the variables as well as the overall ranking. The average score of each indicator and variable shows that the implementation of BIM in building construction projects in Indonesia is effective. This is evidenced by the average value of each variable above four. Furthermore, the results of the *One-Way* Anova test of Kruskal Wallis showed a difference in the value of the effectiveness of BIM implementation among the six variables indicated by the results of descriptive analysis.

Keywords: Building information modeling (BIM), Assessment of BIM implementation, Construction projects.

Abstrak: Penelitian ini menilai secara nyata efektivitas implementasi BIM dengan sampel penelitian diambil pada proyek konstruksi bangunan gedung yang telah menerapkan aplikasi BIM. Analisa dilakukan dengan mengamati respon dari tim perencana, kontraktor dan manajemen konstruksi. Faktor-faktor penting yang digunakan sebagai pendekatan dalam penelitian dikembangkan menjadi enam variabel, yaitu Organisasi (X1), Aplikasi (X2), Peralatan (X3), Tim proyek (X4), Proses (X5) dan Model bisnis (X6). Enam variabel tersebut terdiri dari 123 indikator untuk memfasilitasi survei kuesioner dan penilaian efektivitas implementasi BIM. Survei dilakukan pada industri konstruksi di Indonesia. Data yang diperoleh dianalisa dengan uji reliabilitas, analisa peringkat dan uji *One-Way Anova Kruskal Wallis*. Analisis peringkat dirancang dengan menilai indikator dari setiap variabel dan diberi skor untuk menyusun peringkat dalam variabel maupun peringkat secara keseluruhan. Hasil skor rata-rata setiap indikator maupun variabel menunjukkan bahwa implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung di Indonesia adalah efektif. Ini dibuktikan dengan nilai rata-rata setiap variabel diatas empat. Hasil hipotesis uji *One-Way Anova Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa ada perbedaan besaran nilai efektivitas implementasi BIM diantara enam variabel yang ditunjukkan dengan hasil analisa deskriptif.

Kata Kunci: Building information modelling (BIM), Penilaian implementasi BIM, Proyek konstruksi.

PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi perangkat lunak sistem informasi manajemen proyek yang tercanggih saat ini adalah *Building Information Modelling* (BIM) (Govender et al., 2019). Keunggulan BIM adalah kaya akan informasi data dari proses sebelumnya yang dapat ditransfer dan

digunakan kembali (Zahrizan, 2013). BIM memiliki potensi besar untuk berbagi dan memvisualisasi informasi, memvisualisasi kemajuan konstruksi dan memberi informasi secara cepat (Patrick Dallasega, Andrea Revolti, Philipp Christopher Sauer, Felix Schulze, 2020). BIM menawarkan kemampuan yang lebih baik untuk menilai pengoptimalan

konstruksi, keuangan, dan desain dalam metodologi yang akurat dan terintegrasi penuh (Arayici & Aouad, 2011). Sejauh mana aplikasi BIM pada proyek menentukan tingkat dampak BIM pada proyek (Wang & Leite, 2014). Dampak BIM pada kesuksesan proyek terdiri dari kriteria keberhasilan yang dicari oleh suatu proyek dan para pemangku kepentingan, dikombinasikan dengan kemampuan BIM untuk mempengaruhi kriteria tersebut berdasarkan sejauh mana aplikasi BIM digunakan (Rokooci, 2015).

Pada saat ini sebagian besar industri konstruksi menggunakan informasi data yang dihasilkan aplikasi BIM tanpa menilai apakah kebutuhan proyek terpenuhi dengan hasil informasi dari perangkat lunak BIM (Andrew & Anondho, 2019). (Suermann & Issa, 2009) menilai dampak penerapan BIM pada proyek konstruksi melalui pengumpulan data dalam tiga survei. Hasil survei menunjukkan, responden menilai bahwa hasil konstruksi berbasis BIM meningkatkan kinerja proyek lebih baik dibanding proyek tanpa BIM. (Oesterreich & Teuteberg, 2018) menilai investasi BIM pada proyek konstruksi secara ekonomi berbanding dengan dampak manfaat dari penggunaan BIM. (Sholanke et al., 2019) menilai penggunaan BIM pada proyek konstruksi di Nigeria, hasil penelitian mengemukakan bahwa nilai aplikasi BIM dan penyerapan teknologi BIM belum mampu diterapkan pada industri konstruksi di Nigeria.

KAJIAN PUSTAKA

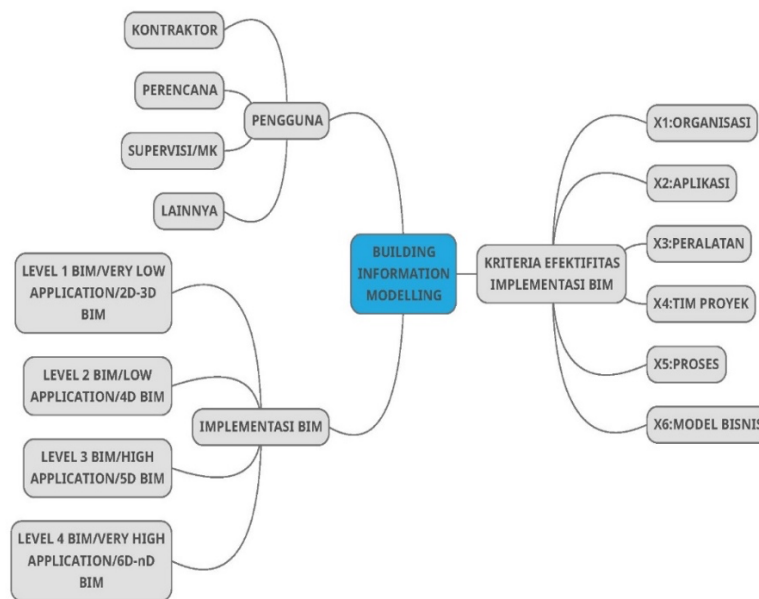
Building Information Modeling (BIM) adalah salah satu teknologi di bidang AEC (*Arsitektur, Engineering dan Construction*) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam model 3 dimensi (Andy K. D. Wong, Francis K. W. Wong, 2010). Pada tahap konstruksi, data BIM dapat digunakan kontraktor untuk menyederhanakan estimasi biaya, melakukan deteksi pada desain yang mungkin untuk dibangun, meminimalkan kesalahan dan perubahan (Nor Diana Aziz, Abdul Hadi Nawawi, 2016). Penerapan BIM dalam industri

konstruksi menciptakan tantangan yang beragam (Das & Moon, 2016). Memperkenalkan teknologi baru ke dalam organisasi untuk merangsang perubahan organisasi sering kali menemui penolakan dari anggotanya, dan setelah teknologi diadopsi anggota harus belajar menggunakan teknologi untuk kolaborasi dan komunikasi lintas organisasi (Juan et al., 2017). Kolaborasi dimungkinkan bila setiap individu yang terlibat memiliki keinginan untuk menyerap ilmu pengetahuan dan teknologi.

Sejumlah kecil studi literatur telah dilakukan untuk menilai efektivitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung. Namun penelitian secara nyata belum dilakukan. (Tsai et al., 2014) melakukan penelitian dengan mengembangkan faktor penentu keberhasilan untuk penilaian adopsi teknologi BIM. (Lee et al., 2015) melakukan penelitian dengan menilai faktor efektif yang teridentifikasi dapat diterima dan dimunculkan sebagai prasyarat adopsi BIM. (Juan et al., 2017) melakukan penelitian dengan menilai seberapa siap perusahaan untuk menerima dan menerapkan BIM. (Liao & Teo, 2017) melakukan penelitian dengan menilai faktor penentu keberhasilan untuk meningkatkan implementasi pemodelan informasi bangunan dalam proyek bangunan gedung. (Ozorhon & Karahan, 2017) melakukan penelitian dengan menilai faktor penentu keberhasilan implementasi pemodelan informasi bangunan di negara berkembang. (Sinoh et al., 2020) melakukan penelitian dengan menilai faktor sukses kritis untuk penerapan BIM. Pada penelitian ini, efektivitas implementasi BIM dinilai melalui sampel penelitian yang diambil pada proyek konstruksi bangunan gedung yang telah menerapkan aplikasi BIM di Indonesia. Analisa dilakukan dengan mengamati tingkat aplikasi BIM yang digunakan dalam proyek konstruksi dan pengaruhnya serta respon dari tim perencana, kontraktor dan manajemen konstruksi. Kebaruan penelitian tentang penilaian efektivitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. *Novelty penelitian Penilaian Efektifitas Implementasi BIM Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung.*

Penelitian	2014 Meng- Han Tsai	2015 Seulki Lee	2017 Yi Kai Juan	2017 Long Hui Liao	2017 Beliz Ozorhon	2020 Sinoh, Saznizam	2021 Penelitian
Lokasi Penelitian	Taiwan	Korea Selatan	Taiwan	Singapura	Internasi onal	Malaysia	Indonesia
Sumber Data	Literatur dan Kuesioner	Literatur dan Kuesione r	Literatur dan Kuesioner	Literatur dan Kuesioner	Literatur	Literatur dan Kuesioner	Literatur dan Kuesioner
Metodologi	Uji Anova	Uji SEM	Regresi Linier Berganda	Uji SEM	Studi Literatur	Uji SEM	Regresi Linier Berganda
Pendekatan	6 variabel	4 variabel	2 variabel	3 variabel	4 variabel	5 variabel	6 variabel

**Gambar 1.** *Mind map penelitian tentang penilaian efektifitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung*

Mind Map pada gambar 1 menunjukkan efektifitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung dapat dihubungkan sejauh mana tingkat atau *level* BIM yang digunakan pada proyek tersebut (Ozorhon et al., 2017). Hubungan ini digunakan sebagai alat untuk memahami kemampuan BIM dalam mendukung pengelolaan proyek. Dengan *level* aplikasi BIM yang lebih tinggi berdampak pada peningkatan berbagai faktor (Olugboye et al., 2020).

METODOLOGI

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyek konstruksi yang telah menerapkan aplikasi BIM di Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah metode

penelitian kualitatif deskriptif yaitu dengan cara mencari informasi tentang gejala yang ada, didefinisikan dengan jelas tujuan yang akan dicapai, merencanakan cara pendekatannya, dan mengumpulkan data sebagai bahan untuk membuat laporan. Penelitian ini menilai atau mengukur keterkaitan antara implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung dengan efektifitas proyek. Metode pengumpulan data adalah dengan mengambil sampel dari suatu populasi dan menggunakan kuesioner berupa beberapa pertanyaan kepada responden. Populasi dalam penelitian ini yaitu semua pihak yang terlibat langsung dengan penggunaan aplikasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung. Teknik penarikan sampel yang digunakan dalam penelitian ini

menggunakan teknik acak sederhana (*simple random sampling*). Teknik acak sederhana adalah teknik yang memberikan kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk dipilih sebagai sampel. Dengan kesempatan yang sama ini, hasil dari suatu penelitian dapat digunakan untuk memprediksi populasi. Selain itu, teknik acak sederhana digunakan karena populasi penelitian bersifat homogen dan tidak banyak jumlahnya (kurang dari seribu). Dengan persamaan $n = N / (1 + (N \times e^2))$. Uji statistik yang digunakan antara lain Uji *Kruskal Wallis* dan *Shapiro Wilk*. Uji *Shapiro Wilk* adalah Uji metode uji normalitas yang efektif dan valid

digunakan untuk sampel berjumlah kecil, sedangkan untuk Uji *Kruskal Wallis* tersebut digunakan apabila syarat normalitas data tidak terpenuhi, atau data yang akan diuji ada yang tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan tinjauan literatur, variabel penilaian efektifitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung yang digunakan mengikuti penelitian terdahulu seperti organisasi, aplikasi, peralatan, tim proyek, proses, dan model bisnis. Variabel penelitian dijabarkan dalam tabel 2:

Tabel 2. Variabel Penelitian

Variabel Efektifitas Implementasi BIM	2014 Meng-Han Tsai	2015 Seulki Lee	2017 Yi Kai Juan	2017 Long H Liao	2017 Beliz Ozorhon	2020 Sinoh, Sazn	2021 Penelitian
1. Organisasi (X1)	√	√	√	√	√	√	√
2. Aplikasi (X2)	√	√	√	√		√	√
3. Peralatan (X3)	√		√			√	√
4. Tim Proyek (X4)	√	√	√		√	√	√
5. Proses (X5)	√		√	√	√	√	√
6. Model Bisnis (X6)	√	√	√		√		√

Dalam upaya untuk menilai efektifitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung, digunakan beberapa indikator sebagai pendekatan. Penilaian dilakukan dengan analisa peringkat berdasarkan hasil rata-rata indikator dan standar deviasi. Penilaian terhadap variabel efektifitas implementasi BIM, dilakukan dengan uji *Anova Kruskal Wallis*.

Penilaian indikator variabel pada penelitian ini menggunakan skala 5 poin (*likert*). Skala *likert* adalah skala yang didasarkan atas penjumlahan sikap responden dalam merespon pernyataan yang berkaitan dengan indikator-indikator suatu konsep atau variabel yang sedang diukur. Nilai skala *likert* pada penelitian ini diterangkan dalam tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Penilaian skala likert

Skala Likert:	
Sangat Setuju	: skor 5
Setuju	: skor 4
Cukup Setuju	: skor 3

Tidak Setuju	: skor 2
Sangat Tidak Setuju	: skor 1

Uji Instrumen.

Uji validitas dan uji reliabilitas dilakukan setelah angket yang disebarkan kepada responden diterima kembali. Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai *r* hitung dengan nilai *r* tabel untuk *degree of freedom* ($df = n - k$) dengan $\alpha 0,05$. Jika nilai *r* hitung dari setiap butir pertanyaan nilainya lebih besar dari *r* tabel maka butir pertanyaan dikatakan valid. Uji reliabilitas dilakukan dengan uji statistik *Cronbach Alpha*. Suatu konstruk atau variabel dikatakan reliabel jika memberikan nilai $\alpha > 0,60$ (Ghozali, 2005).

Analisis Peringkat dan Uji *One-Way Anova*.

Penentuan peringkat indikator didasarkan pada skor rata-rata/mean dan standar deviasi dari uji statistik deskriptif. Ketika dua atau lebih indikator memiliki skor rata-rata yang sama, indikator dengan standar deviasi yang lebih kecil diberi peringkat yang lebih tinggi (Tsai et

al., 2014). Uji *One-Way Anova* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan dalam nilai efektivitas implementasi BIM pada enam variabel. Uji *Kruskal Wallis* digunakan karena dari hasil dari uji normalitas *Shapiro wilk*, terdapat tiga variabel yang tidak berdistribusi normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Kuesioner Dan Survei Data.

Survei dilakukan pada bulan Oktober 2020 dengan responden adalah manajer, site manajer, tim leader dan tenaga ahli pada kontraktor, konsultan perencana dan manajemen konstruksi

dari industri konstruksi di Indonesia yang memiliki pengalaman dengan teknologi aplikasi BIM. Kuesioner dibuat dalam bahasa Indonesia dan disebar melalui *google form*. Dari empat puluh dua kuesioner yang disebar, tiga puluh tujuh responden memberikan tanggapan atau sebesar 88%, kuesioner yang tidak kembali sebesar lima kuesioner atau sebesar 12%.

Analisis Peringkat

Uji statistik deskriptif dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi dari setiap indikator. Analisis peringkat dilakukan dalam dua kategori, yaitu peringkat dalam variabel dan peringkat secara keseluruhan, seperti pada tabel 5.

Tabel 4. Karakteristik responden

Karakteristik Responden	Jumlah	Prosentase
Jenis Kelamin	Laki-Laki	30 81,1%
	Perempuan	7 18,9%
Organisasi Responden	Kontraktor	20 54,1%
	Perencana	10 27,0%
	supervisi/MK	7 18,9%
Jumlah Staff Yang Menggunakan BIM	< 5	34 91,9%
	06-10	1 2,7%
	11-15	2 5,4%
Kualifikasi Pendidikan	S1/Bachelor	29 78,4%
	S2/Master	6 16,2%
	Lainnya	2 5,4%
Aplikasi Yang Digunakan Oleh Responden	2D-3D BIM	18 48,6%
	4D BIM	10 27,0%
	5D BIM	1 2,7%
	6D-nD BIM	8 21,6%
Jumlah Proyek Yang Menggunakan BIM Dalam Satu Tahun	< 5	31 83,8%
	06-10	6 16,2%
	11-15	0 0,0%
Jumlah Staff Yang Menggunakan BIM Dalam Satu Proyek	< 5	36 97,3%
	06-10	1 2,7%
	11-15	0 0,0%
Jumlah Karyawan	< 20	15 40,5%
	21-50	1 2,7%
	51-100	15 40,5%
	101-500	6 16,2%

Tabel 5. Analisis peringkat dalam variabel Organisasi (X1)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan	Indikator	M	SD
1	2	X1.5 Manfaat yang dirasakan dari BIM	4,73	0,450
2	15	X1.23 Tren industri / pasar.	4,51	0,559

3	20	XI.1	Dukungan dari manajemen pusat.	4,49	0,692
4	21	X1.33	Penggunaan BIM memudahkan koordinasi antar tim proyek.	4,49	0,692
5	33	X1.13	Kemampuan inovasi.	4,41	0,599
6	32	X1.8	Gaya kepemimpinan perusahaan.	4,41	0,832
7	39	X1.34	Pemerintah mendorong proyek-proyek strategis didukung oleh teknologi sistem informasi BIM	4,38	0,681
8	41	X1.6	Biaya investasi untuk BIM (software, hardware, training).	4,35	0,716
9	42	X1.49	Dengan BIM pendataan dan ketersediaan informasi menjadi efektif.	4,35	0,789
10	49	X1.35	Perusahaan memiliki sumberdaya manusia terbaik untuk mengaplikasikan BIM sehingga dapat efektif.	4,32	0,626
11	50	X1.47	Dengan BIM, hubungan organisasi team yang berbeda-beda dalam proyek menjadi efektif.	4,32	0,747
12	56	X1.37	Mendapatkan pengaruh positif dari mitra yang telah menggunakan BIM.	4,30	0,520
13	54	X1.20	Kemampuan teknologi organisasi.	4,30	0,618
14	55	X1.28	Kemampuan beradaptasi dengan keinginan industri konstruksi pada saat ini.	4,30	0,702
15	61	X1.19	Kompetensi teknis staf.	4,27	0,508
16	62	X1.24	Perlunya rekayasa ulang proses BIM.	4,27	0,560
17	63	X1.36	Meningkatkan budaya kepercayaan terkait nilai norma dan asumsi bersama antar tim proyek.	4,27	0,560
18	68	X1.18	Kemampuan belajar organisasi.	4,22	0,712
19	71	X1.14	Efektivitas arus informasi (arus komunikasi) dalam organisasi.	4,19	0,660
20	72	X1.22	Kemampuan penelitian dan pengembangan organisasi.	4,19	0,739
21	74	X1.4	Kebutuhan untuk personal BIM dan pelatihan.	4,16	0,834
22	76	X1.43	SDM yang ada menolak ketika perusahaan melakukan perubahan sistem informasi tradisional dan menggantinya dengan aplikasi BIM.	4,16	0,688
23	75	X1.11	Perlu adanya perubahan karakteristik organisasi untuk BIM.	4,16	0,764
24	77	X1.44	BIM digunakan sudah berskala Internasional (sudah digunakan diseluruh dunia)	4,16	0,800
25	80	X1.12	Kapabilitas sumber daya manusia.	4,14	0,585
26	81	X1.17	Motivasi individu dan kelompok untuk adopsi BIM.	4,14	0,631
27	79	X1.10	Diferensiasi pasar.	4,14	0,822
28	83	X1.29	Perubahan organisasi dalam proyek agar dapat mendukung BIM	4,11	0,737
29	82	X1.2	Tingkat birokrasi untuk adopsi BIM.	4,11	0,843
30	86	X1.46	Dengan BIM hubungan dengan pihak lain (Klien, Owner, Pemerintah) menjadi kuat.	4,08	0,954
31	88	X1.26	Sistem yang mendukung ketersediaan dan efektifitas adaptasi BIM.	4,05	0,664
32	89	X1.50	Dengan BIM ketersediaan dan efektifitas logistik yang masuk meningkat.	4,05	0,848

33	93	X1.45	Dengan BIM sistem pengadaan menjadi efektif dan mudah.	3,97	0,799
34	94	X1.38	Gaya manajemen perusahaan milik perorangan atau milik umum mempengaruhi penggunaan BIM.	3,95	0,848
35	95	X1.31	Permintaan jaminan kualitas dari owner atau user	3,92	0,829
36	100	X1.3	Peningkatan kompetisi pasar.	3,84	0,866
37	103	X1.9	Standar, kode, aturan dan regulasi BIM.	3,65	0,889
38	104	X1.27	Aplikasi BIM hanya untuk proyek yang dikerjakan oleh perusahaan.	3,65	0,978
39	105	X1.39	Dengan aplikasi BIM, perusahaan dapat memperoleh lebih banyak proyek.	3,62	0,893
40	106	X1.32	Tekanan dari kompetitor atau pesaing dalam penggunaan BIM	3,49	1,070
41	107	X1.30	BIM menjadi syarat oleh owner atau user	3,35	0,824
42	112	X1.42	SDM yang ada menolak ketika perusahaan melakukan perubahan sistem informasi tradisional dan menggantinya dengan aplikasi BIM.	2,78	1,109
43	113	X1.41	Perusahaan mengontrak pekerja atau ahli dari Luar untuk mengoperasikan BIM.	2,76	1,065

Tabel 6. Analisis peringkat dalam variabel Aplikasi (X2)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan	Indikator	M	SD
1	10	X2.5 BIM memudahkan koordinasi dalam proyek konstruksi.	4,57	0,502
2	9	X2.4 Memudahkan koordinasi dan pelacakan data selama masa Konstruksi.	4,57	0,555
3	11	X2.19 BIM dapat melakukan pengurutan dan simulasi konstruksi 4D (model 3D + penjadwalan).	4,57	0,555
4	8	X2.2 Memudahkan koordinasi desain untuk memastikan berbagai elemen desain cocok satu sama lain.	4,57	0,603
5	13	X2.11 Dengan BIM, pemeriksaan dan validasi gambar menjadi efektif.	4,54	0,558
6	14	X2.20 BIM dapat melakukan estimasi dan simulasi biaya 5D (model 3D + penjadwalan + estimasi biaya)	4,54	0,605
7	27	X2.7 BIM mampu menyajikan fotorealistik untuk tujuan pemasaran (yaitu visualisasi berbasis model 3D, panduan 3D, klip film pendek).	4,46	0,605
8	31	X2.3 Output BIM berupa pemodelan 3D (yaitu arsitektur, struktural, MEP dan proteksi kebakaran).	4,43	0,647
9	38	X2.9 Model BIM dapat digunakan untuk berbagi informasi dan pengetahuan.	4,41	0,599
10	48	X2.8 Model BIM dapat digunakan sebagai shop drawing.	4,35	0,538
11	52	X2.6 BIM mampu menganalisis pilihan atau alternatif desain.	4,32	0,747
12	53	X2.14 Output BIM mampu mendukung manajemen fasilitas.	4,32	0,784
13	60	X2.16 BIM dapat melakukan analisis dan simulasi ME.	4,30	0,702

14	59	X2.12	BIM mampu menilai kuantitas dan estimasi biaya.	4,30	0,812
15	70	X2.22	Informasi kuantitas dari model BIM dapat digunakan untuk pengadaan.	4,22	0,630
16	78	X2.25	Output BIM dapat digunakan untuk persiapan penawaran sub kontraktor.	4,16	0,866
17	87	X2.13	Model BIM dapat diaplikasikan untuk fabrikasi	4,08	0,795
18	92	X2.15	BIM dapat digunakan untuk pekerjaan renovasi.	4,00	0,943
19	96	X2.18	BIM dapat melakukan analisis dan simulasi lingkungan.	3,92	0,829
20	97	X2.10	BIM mampu merencanakan tata letak dan keamanan logistik site proyek.	3,89	0,875
21	98	X2.17	BIM dapat melakukan analisis dan desain struktural.	3,89	1,125
22	108	X2.21	BIM dapat menghasilkan manajemen bencana.	3,35	0,978
23	109	X2.23	BIM dapat melakukan analisis dan simulasi energi (energi, air, emisi karbon, cuaca).	3,30	0,909
24	110	X2.24	BIM dapat melakukan analisis dan simulasi energi termal.	3,30	0,909
25	111	X2.26	BIM dapat melakukan analisis dan simulasi akustik (suara).	3,11	0,843

Tabel 7. Analisis Peringkat dalam variabel peralatan (X3)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan	Indikator	M	SD
1	1	X3.1 Untuk dapat mengaplikasikan BIM, hardware harus memiliki spesifikasi khusus.	4,81	0,397
2	3	X3.6 Aplikasi BIM harus menggunakan hardware yang tepat.	4,68	0,475
3	4	X3.4 Hardware yang digunakan untuk mendukung aplikasi BIM memiliki sifat andal/tahan.	4,62	0,492
4	5	X3.7 Hardware atau hardware yang digunakan memiliki jaringan yang kolaboratif/dapat digunakan bersama-sama.	4,62	0,492
5	6	X3.3 Anggota tim proyek yang menggunakan aplikasi BIM memiliki hardware yang mampu mendukung aplikasi BIM agar petukaran data menjadi efektif.	4,59	0,644
6	7	X3.12 Perlu persyaratan perangkat keras tertentu untuk mendukung aplikasi BIM.	4,57	0,647
7	16	X3.10 Perlu biaya investasi awal yang besar (perangkat lunak, perangkat keras, pelatihan).	4,51	0,607
8	22	X3.5 Pemasok atau vendor aplikasi BIM memberikan dukungan teknis berupa pelatihan pengoperasian.	4,49	0,559
9	43	X3.2 Vendor atau pemasok software BIM dapat menyediakan aplikasi dalam jangka panjang.	4,35	0,753
10	44	X3.9 Pengenalan hardware untuk mendukung aplikasi BIM perlu latihan khusus.	4,35	0,588
11	69	X3.11 Perlu biaya pemeliharaan dan peningkatan (perangkat lunak, perangkat keras)	4,22	0,750
12	101	X3.8 Hardware/hardware untuk mendukung aplikasi BIM mudah digunakan/ sederhana.	3,76	0,955

Tabel 8. Analisis peringkat dalam variabel Tim Proyek (X4)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan		Indikator	M	SD
1	17	X4.5	Keterlibatan awal tim proyek (pemilik, manajer, arsitek, insinyur, kontraktor, subkontraktor) untuk mendukung proyek BIM.	4,51	0,507
2	18	X4.9	Harus ada kecocokan antara tujuan proyek dengan tujuan tim untuk proyek BIM.	4,51	0,507
3	23	X4.2	Penggunaan BIM memudahkan berbagi informasi / protokol komunikasi di antara anggota tim.	4,49	0,692
4	25	X4.8	Kebersamaan di antara anggota tim terkait risiko dan penghargaan untuk mencapai kesuksesan proyek.	4,46	0,650
5	28	X4.10	Diperlukan lingkungan (ruang Kerja) yang nyaman dan kondusif.	4,43	0,603
6	34	X4.6	Pengambilan keputusan berbasis tim memberi manfaat bagi proyek dan tim.	4,41	0,599
7	45	X4.11	Perlu dilakukan pelatihan dan rotasi pekerjaan.	4,35	0,538
8	57	X4.3	Tim proyek memiliki peran dan tanggung jawab untuk proyek BIM.	4,30	0,520
9	58	X4.4	Memiliki kepercayaan dan rasa hormat di antara tim proyek.	4,30	0,777
10	65	X4.1	Perusahaan menentukan tujuan proyek sebelum pembentukan tim.	4,24	0,863
11	73	X4.7	Harus dilakukan pemilihan kualifikasi (sumber daya, kompetensi, pengalaman) anggota tim.	4,19	0,660

Tabel 9. Analisis peringkat dalam variabel Proses (X5)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan		Indikator	M	SD
1	19	X5.18	BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, referensi informasi untuk perkiraan bentuk bangunan pada tahap rencana desain.	4,51	0,607
2	24	X5.19	BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk tingkat pengembangan konseptual pada tahap desain konseptual.	4,49	0,559
3	26	X5.13	BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk pengembangan as-built pada tahap konstruksi.	4,46	0,605
4	29	X5.14	BIM membangun pemodelan 3D langsung.	4,43	0,647
5	30	X5.17	Hasil BIM dapat dimanfaatkan oleh tim proyek, manager dan pengguna lain sepanjang siklus hidup proyek.	4,43	0,555
6	35	X5.3	Proses pekerjaan dalam urutan yang logis.	4,41	0,599
7	36	X5.10	Proses BIM meliputi pertukaran data, pertukaran informasi untuk setiap tingkat pengembangan yang tepat pada tahap desain.	4,41	0,644
8	37	X5.15	BIM mengembangkan model struktur rincian kerja sesuai dengan sistem klasifikasi konstruksi.	4,41	0,551

9	40	X5.1	Koordinasi dan integrasi antar profesi	4,38	0,639
10	46	X5.6	Hasil BIM memberi manfaat di setiap tahap siklus hidup proyek.	4,35	0,716
11	47	X5.12	BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk dokumen konstruksi pada proses pengembangan fabrikasi (fase desain rinci).	4,35	0,676
12	51	X5.4	Pemilihan alat yang sesuai untuk menjalankan aplikasi.	4,32	0,580
13	64	X5.7	Perlu ada umpan balik untuk peningkatan proses yang berkelanjutan.	4,27	0,560
14	66	X5.8	Mendokumentasikan rencana pelaksanaan BIM termasuk namun tidak terbatas pada informasi proyek, proyek, bagan organisasi, jadwal proyek, proses BIM, dan kontrak.	4,24	0,683
15	67	X5.11	BIM memudahkan pengajuan dan persetujuan pelaksanaan pekerjaan.	4,24	0,597
16	84	X5.2	Identifikasi persyaratan aplikasi BIM yang ditentukan pemilik selama desain dan konstruksi.	4,11	0,737
17	85	X5.20	Model BIM dimulai dari gambar 2D terlebih dahulu.	4,11	1,075
18	99	X5.9	Perlu aplikasi yang berbeda yang digunakan sepanjang siklus hidup proyek sebagai aplikasi bantuan.	3,86	0,751

Tabel 10. Analisis peringkat dalam variabel Model Bisnis (X6)

Peringkat Dalam Variabel	Peringkat keseluruhan	Indikator	M	SD
1	12	X6.1 BIM memudahkan metode pengiriman data proyek (design-build, design-bid-build, Construction Manajemen).	4,54	0,505
2	90	X6.3 BIM dipersyaratkan dalam metode seleksi untuk pengadaan, tidak berbasis biaya terendah tetapi berbasis kualitas dan Biaya.	4,03	0,799
3	91	X6.4 BIM dapat digunakan untuk menentukan sistem pembayaran dari scedule rencana dan realisasi karena tingkat akurasi cukup baik.	4,03	0,928
4	102	X6.2 Penggunaan BIM diatur di dalam kontrak.	3,70	0,968

Uji *One-Way Anova* Sebelum melakukan uji *One-Way Anova*, dilakukan uji normalitas terhadap data sebagai

syarat uji *One-Way Anova*, dengan hasil pada tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Uji Normalitas

Variabel	Nilai Sig. Uji Normalitas	Keterangan
Organisasi (X1)	0,000	Tidak berdistribusi normal, nilai sig <0,05
Aplikasi (X2)	0,001	Tidak berdistribusi normal, nilai sig <0,05
Peralatan (X3)	0,056	Berdistribusi normal, nilai sig >0,05
Tim Proyek (X4)	0,363	Berdistribusi normal, nilai sig >0,05
Proses (X5)	0,016	Tidak berdistribusi normal, nilai sig <0,05

Model Bisnis (X6)	0,557	Berdistribusi normal, nilai sig >0,05
-------------------	-------	---------------------------------------

Berdasarkan hasil uji normalitas, terdapat tiga variabel yang tidak berdistribusi normal, sehingga uji *One-Way Anova* yang digunakan adalah uji *Kruskal Wallis*. Sebelum melakukan uji *One-Way Anova Kruskal Wallis*, ditetapkan hipotesis penelitian, sebagai berikut:

1. H0: Tidak ada perbedaan nilai efektivitas implementasi BIM antara variabel Organisasi, Aplikasi, Peralatan, Tim Proyek, Proses dan Model Bisnis.

2. Ha: Ada perbedaan nilai efektivitas implementasi BIM antara variabel Organisasi, Aplikasi, Peralatan, Tim Proyek, Proses dan Model Bisnis.

Dasar keputusan uji *One-Way Anova Kruskal Wallis* adalah:

1. Jika nilai Asymp. Sig. > 0,05 maka tidak ada perbedaan atau H0 diterima dan Ha ditolak.
2. Jika nilai Asymp. Sig. < 0,05 maka ada perbedaan atau H0 ditolak dan Ha diterima.

Tabel 12. Hasil Uji *One-Way Anova* Kruskal Wallis

	Nilai Hasil Uji Kruskal Wallis
Kruskal-Wallis H	22,90
df	5,00
Asymp. Sig.	0,00

Hasil uji *One-Way Anova* terhadap seluruh data, nilai Asymp. Sig. adalah 0,000 atau < 0,05. Dengan demikian, hipotesis penelitian H0 ditolak dan Ha diterima atau dengan kata lain, terdapat perbedaan implementasi BIM antara variabel organisasi, aplikasi, peralatan, tim

proyek, proses dan model bisnis. Untuk mengetahui nilai perbedaan efektivitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung, dilihat dari hasil analisa deskriptif uji *One-Way Anova Kruskal Wallis*.

Tabel 13. Analisis peringkat berdasarkan hasil deskriptif uji Kruskal Wallis

Peringkat	Variabel	Mean	Std. Error
1	Peralatan (X3)	4,464	0,791
2	Tim Proyek (X4)	4,381	0,337
3	Proses (X5)	4,321	0,385
4	Aplikasi (X2)	4,138	0,890
5	Organisasi (X1)	4,082	0,062
6	Model Bisnis (X6)	4,075	1,734

Pembahasan

Hasil analisis peringkat mengidentifikasi 114 indikator yang merupakan faktor kunci penting untuk menilai efektivitas implementasi BIM. Tiga indikator dengan nilai rata-rata tertinggi dan standar deviasi terendah dipilih dari setiap peringkat dalam variabel. Peringkat secara keseluruhan juga dipilih tiga indikator untuk di analisa.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Organisasi yaitu manfaat yang dirasakan dari BIM (X1.5) dengan nilai rata-rata (4,75), trend industri pasar (X1.23) dengan nilai rata-rata (4,51), dukungan dari manajemen pusat (X1.1) dengan nilai rata-rata (4,49), ini menunjukkan bahwa responden menilai implementasi BIM memberi manfaat bagi organisasi proyek konstruksi bangunan gedung, responden menilai implementasi BIM yang dilakukan oleh organisasi dipengaruhi oleh trend

industri pasar pada saat ini dan responden menilai implementasi BIM mendapat dukungan dari manajemen pusat dalam organisasi konstruksi.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Aplikasi yaitu BIM memudahkan koordinasi dalam proyek konstruksi (X2.5) dengan nilai rata-rata (4,57), memudahkan koordinasi dan pelacakan data selama masa konstruksi (X2.4) dengan nilai rata-rata (4,57), BIM dapat melakukan pengurutan dan simulasi konstruksi 4D (model 3D+ penjadwalan) dengan nilai rata-rata (4,57), ini menunjukkan bahwa responden menilai implementasi BIM memberi kemudahan dalam melakukan koordinasi proyek konstruksi bangunan gedung, responden menilai implementasi BIM memberi kemudahan dalam melakukan koordinasi proyek dan pelacakan data selama masa konstruksi, responden menilai implementasi BIM memberi kemudahan dalam melakukan pengurutan jadwal pelaksanaan pekerjaan dan simulasi konstruksi 4D (model 3D+ penjadwalan).

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Peralatan yaitu untuk dapat mengaplikasikan BIM, *hardware* harus memiliki spek khusus (X3.1) dengan nilai rata-rata (4,81), aplikasi BIM menggunakan hardware yang tepat (X3.6) dengan nilai rata-rata (4,68), hardware yang digunakan untuk mendukung aplikasi BIM memiliki sifat andal/tahan (X3.4) dengan nilai rata-rata (4,62), ini menunjukkan bahwa responden menilai implementasi BIM memerlukan dukungan *hardware* atau *hardware* yang memiliki spek khusus agar dapat mengaplikasikan *software* BIM, responden menilai implementasi BIM memerlukan dukungan *hardware* yang tepat baik *hardware* maupun *software* yang tertanam dalam *hardware* yang mampu mendukung aplikasi BIM, responden menilai implementasi BIM memerlukan dukungan hardware yang memiliki sifat andal/awet.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Tim Proyek yaitu keterlibatan awal tim proyek (pemilik, manajer, arsitek, insinyur, kontraktor, subkontraktor) untuk mendukung proyek BIM (X4.5) dengan nilai rata-rata (4,51), harus ada kecocokan antara tujuan proyek dengan tujuan tim untuk proyek BIM (X4.9) dengan nilai rata-rata (4,51),

penggunaan BIM memudahkan berbagi informasi/protokol komunikasi diantara anggota tim (X4.2) dengan nilai rata-rata (4,49), ini menunjukkan bahwa responden menilai implementasi BIM memerlukan keterlibatan awal tim proyek (pemilik, manajer, arsitek, insinyur, kontraktor, subkontraktor) untuk mendukung proyek BIM, responden menilai implementasi BIM memerlukan kecocokan antara tujuan proyek dengan tujuan tim untuk proyek BIM, responden menilai implementasi BIM memudahkan berbagi informasi/protokol komunikasi diantara anggota tim dalam proyek konstruksi.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Proses yaitu BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, referensi informasi untuk perkiraan bentuk bangunan pada tahap rencana desain (X5.18) dengan nilai rata-rata (4,51), BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk tingkat pengembangan konseptual pada tahap desain konseptual (X5.19) dengan nilai rata-rata (4,49), BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk pengembangan as built pada tahap konstruksi (X5.13) dengan nilai rata-rata (4,46), ini menunjukkan bahwa responden menilai bahwa implementasi BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, referensi informasi untuk perkiraan bentuk bangunan pada tahap rencana desain, responden menilai implementasi BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk tingkat pengembangan konseptual pada tahap desain konseptual, responden menilai implementasi BIM memudahkan pertukaran data, pertukaran informasi, informasi referensi untuk pengembangan as built pada tahap konstruksi.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dalam variabel Model Bisnis yaitu BIM memudahkan metode, pengiriman data proyek/*design build*, *design-bid-build*, *construction manajemen* (X6.1) dengan nilai rata-rata (4,54), BIM dipersyaratkan dalam metode seleksi untuk pengadaan, tidak berbasis biaya terendah tetapi berbasis kualitas dan biaya (X6.3) dengan nilai rata-rata (4,03), BIM dapat digunakan untuk menentukan sistem pembayaran dari schedule rencana dan realita karena tingkat akurasi cukup baik (X6.4) dengan nilai rata-rata (4,03), ini menunjukkan bahwa

responden menilai implementasi BIM memudahkan metode, pengiriman data proyek/*design build, design-bid-build, construction manajemen*, responden menilai implementasi BIM dipengaruhi oleh persyaratan dalam metode seleksi untuk pengadaan, tidak berbasis biaya terendah tetapi berbasis kualitas dan biaya, responden menilai implementasi BIM dapat digunakan untuk menentukan sistem pembayaran dari schedule rencana dan realita karena tingkat akurasi cukup baik.

Tiga indikator yang memiliki peringkat tertinggi dari keseluruhan indikator (114 indikator) adalah; untuk dapat mengaplikasikan BIM, *hardware* harus memiliki spek khusus (X3.1), manfaat yang dirasakan dari BIM (X1.5), aplikasi BIM harus menggunakan *hardware* yang tepat (X3.6). Dari tiga indikator dengan peringkat tertinggi dari keseluruhan indikator, dapat diketahui bahwa responden setuju bahwa untuk dapat mengaplikasikan BIM, *hardware* harus memiliki spek khusus, responden setuju bahwa implementasi BIM memberi manfaat bagi proyek konstruksi, dan responden setuju bahwa aplikasi BIM harus menggunakan *hardware* yang tepat.

Hasil uji *One-Way Anova Kruskal Wallis* dari enam variabel organisasi (X1), aplikasi (x2), peralatan (x3), tim proyek (x4), proses (x5) dan model bisnis (X6) menunjukkan hasil $Asymp.sig. 0,000$. Keputusan uji Kruskal Wallis menyatakan bahwa jika nilai $Asymp.Sig. < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima atau ada perbedaan nilai efektivitas implementasi BIM antara variabel organisasi (X1), aplikasi (X2), peralatan (X3), tim proyek (X4), proses (X5) dan model bisnis (X6). Ini menunjukkan bahwa setiap variabel mempunyai nilai efektivitas implementasi BIM yang berbeda-beda. Hasil analisa deskriptif dari uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari variabel peralatan, tim proyek dan proses menduduki tiga peringkat tertinggi. Ini menandakan responden setuju bahwa efektivitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung perlu dukungan peralatan dan tim proyek yang handal, responden juga setuju bahwa hasil BIM mampu mendukung dan memudahkan proses pelaksanaan proyek. Variabel lain dengan peringkat rata-rata dibawahnya adalah aplikasi, organisasi dan model bisnis. Ini menandakan bahwa responden tidak terlalu

mempermasalahkan jenis BIM yang ditawarkan, responden juga menilai bahwa organisasi manajemen dan model bisnis industri konstruksi yang ada saat ini belum memberikan dukungan maksimal terhadap implementasi BIM.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, analisis peringkat dirancang untuk menilai efektifitas implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung. Indikator dari setiap variabel dinilai dan diberi skor untuk menyusun peringkat dalam variabel maupun peringkat secara keseluruhan. Hasil skor rata-rata setiap indikator maupun variabel menunjukkan bahwa implementasi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung di Indonesia adalah efektif. Ini dibuktikan dengan nilai rata-rata setiap variabel diatas empat. Hasil hipotesis uji *One-Way Anova Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa ada perbedaan besaran nilai efektivitas implementasi BIM antara variabel organisasi, aplikasi, peralatan, tim proyek, proses dan model bisnis. Masing-masing perbedaan nilai diperlihatkan oleh analisis deskriptif uji Kruskal Wallis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew, M., & Anondho, B. (2019). Evaluasi Kebutuhan Pengguna Jasa Konstruksi Dengan Pendekatan Building Information Modeling. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i1.3032>
- Andy K. D. Wong, Francis K. W. Wong, A. N. (2010). *Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries*.
- Arayici, Y., & Aouad, G. (2011). Building information modelling (BIM) for construction lifecycle management. *Construction and Building: Design, Materials, and Techniques*, 99–117.
- Das, D., & Moon, S. (2016). An Analytical Appraisal of Building Information Modelling (BIM) Guidelines to Identify Variations in the Procedures. *Journal of KIBIM*, 6(3), 1–14. <https://doi.org/10.13161/kibim.2016.6.3.001>
- Govender, R., Saba, G., Ham, N., Hou, L., Moon, S., & Kim, J. J. (2019). Appraisal of building information modeling (BIM) curriculum for early-career construction-industry professionals: case study at C educational institute in Korea. *International Journal of*

- Construction Management*, 3599. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1661069>
- Juan, Y. K., Lai, W. Y., & Shih, S. G. (2017). Building information modeling acceptance and readiness assessment in Taiwanese architectural firms. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 356–367. <https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1128480>
- Lee, S., Yu, J., & Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. *Journal of Management in Engineering*, 31(3), 1–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000252](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000252)
- 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. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374300>
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2018). Looking at the big picture of IS investment appraisal through the lens of systems theory: A System Dynamics approach for understanding the economic impact of BIM. *Computers in Industry*, 99(March), 262–281. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.029>
- Olugboyega, O., Edwards, D. J., Windapo, A. O., Omopariola, E. D., & Martek, I. (2020). Development of a conceptual model for evaluating the success of BIM-based construction projects. *Smart and Sustainable Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/SASBE-02-2020-0013>
- Ozorhon, B., & Karahan, U. (2017). Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505)
- Ozorhon, B., Karahan, U., & Caglayan, S. (2017). *Analysing the Components of Building Information Modelling (BIM) in Construction Projects*. 0212, 609–618.
- Patrick Dallasega, Andrea Revolti, Philipp Christopher Sauer, Felix Schulze, E. R. (2020). BIM, Augmented and Virtual Reality Empowering Lean Construction Management : A Project Simulation Game. *Procedia Manufacturing*, 49–54. <https://doi.org/https://doi.10.1016/j.promfg.2020.04.059>
- Rokoeei, S. (2015). Building Information Modelling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, pp. 87-95.
- Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2019-0475>
- Suermann, P.C., & Issa, R. R. (2009). Evaluation industry perceptions of building information modelling (BIM) impact on construction. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 574-594.
- Tsai, M. H., Mom, M., & Hsieh, S. H. (2014). Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption: Part I. Methodology and survey. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A*, 37(7), 845–858. <https://doi.org/10.1080/02533839.2014.888811>
- Wang, L., & Leite, F. (2014). Process-oriented approach of teaching building information modeling in construction management. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000203](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000203)
- Zahrizan, Z. (2013). Exploring the Adoption of Building Information Modelling (Bim) in the Malaysian Construction Industry: a Qualitative Approach. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(08), 384–395. <https://doi.org/10.15623/ijret.2013.0208060>