

Pemodelan Persamaan Struktur dan Analisis Faktor Luaran Penerimaan BIM dalam Industri Pembinaan di Sabah

(Structural Equation Modeling and External Factor Analysis of BIM Adoption in the
Construction Industry in Sabah)

Nur-ul Balqes Md Zaid^a, Noraini Hamzah^{a,b*}, Muhamad Azry Khoiry^{a,b} & Nelson Lajuni^c

^aProgram Kejuruteraan Awam dan Struktur,

^bPusat Penyelidikan Perbandaran Pintar dan Lestari,
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43650, Bangi Malaysia.

^cFakulti Perniagaan, Ekonomi dan Perakaunan, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Malaysia

*Corresponding author: ainhamzah@ukm.edu.my

Received 27 July 2024, Received in revised form 4 September 2024

Accepted 4 October 2024, Available online 30 May 2025

ABSTRAK

Penyelidikan ini bertujuan untuk memahami bagaimana industri pembinaan di Sabah dapat menerima teknologi BIM (Building Information Modelling). BIM merupakan pendekatan digital yang membolehkan pengguna untuk membuat dan mengelola model 3D interaktif dari projek pembinaan, termasuk maklumat tentang struktur, bahan dan kos. Penyelidikan ini mengkaji faktor-faktor luaran yang mempengaruhi penerimaan BIM, iaitu faktor teknologi (contohnya, keupayaan sistem BIM), organisasi (seperti sokongan organisasi terhadap penggunaan BIM), dan individu (seperti pengetahuan dan sikap individu terhadap BIM). Kaedah kuantitatif digunakan dengan melibatkan 30 orang pengamal BIM dari industri pembinaan di Sabah. Analisis Partial Least Squares-Structural Equation Modelling (PLS-SEM) untuk menguji hipotesis yang dicadangkan. Hasil kajian menunjukkan bahawa hanya penggunaan sebenar (AU) BIM secara positif mempengaruhi persepsi tanggapan kebergunaan (PU) BIM. Namun, faktor-faktor lain seperti keupayaan sistem BIM, sokongan organisasi, dan pengetahuan individu tidak memberi kesan yang signifikan terhadap penerimaan BIM. Selain itu, penyelidikan ini mendapati bahawa persepsi tanggapan kebergunaan (PU) BIM tidak berfungsi sebagai perantara antara persepsi tanggapan kemudahgunaan (PEOU) dan penggunaan sebenar (AU) BIM dalam industri pembinaan di Sabah. Hasil kajian ini memberikan pemahaman yang lebih baik kepada pihak Jabatan Kerja Raya (JKR) dan kerajaan negeri Sabah mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan BIM di Sabah. Keputusan penyelidikan ini juga boleh digunakan sebagai panduan untuk membangunkan strategi yang lebih efektif dalam menggalakkan penggunaan BIM dalam industri pembinaan.

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine how well-suited BIM (Building Information Modeling) technology is for Sabah's construction sector. Using a digital method called Building Information Modeling (BIM), users may design and oversee dynamic 3D models of construction projects that include details on the materials, budgets, and structures. This study looks at the external factors—technological, such as BIM system capabilities—organizational, such as organizational support for BIM use, and individual, such as knowledge and attitudes about BIM—that affect the adoption of BIM. Using quantitative approaches, thirty BIM practitioners from Sabah's building industry participated. To evaluate the suggested hypothesis, use partial least squares-structural equation modeling (PLS-SEM) analysis. The study's findings demonstrate that the impression of BIM's utility (PU) is only positively impacted by its actual use (AU). On the other hand, BIM adoption is not significantly impacted by other criteria like personal knowledge, organizational support, or the competence of the BIM system. Furthermore, this study discovered that in Sabah's construction sector, the perceived usefulness (PU) of BIM does not serve as a mediator between perceived ease of use (PEOU) and actual

use (AU) of BIM. The study's findings give JKR and the state government of Sabah a better knowledge of the variables influencing BIM use in Sabah. The results of this study can also serve as a roadmap for creating a more effective strategy for promoting the use of BIM in the construction industry.

Keywords: Building Information Modelling; construction industry; Sabah, PLS-SEM

PENGENALAN

BUILDING INFORMATION MODELLING

BIM atau Building Information Modelling, adalah konsep yang berasal dari kemajuan teknologi computer pada tahun 1962. Douglas C. Engelbart, dalam karyanya yang terkenal *Augmenting Human Intelligence*, mengutarakan visi tentang reka bentuk berdasarkan objek, manipulasi parametrik, dan pengkalan data hubungan, yang kemudiannya menjadi kenyataan beberapa tahun kemudian (Varghese 2019).

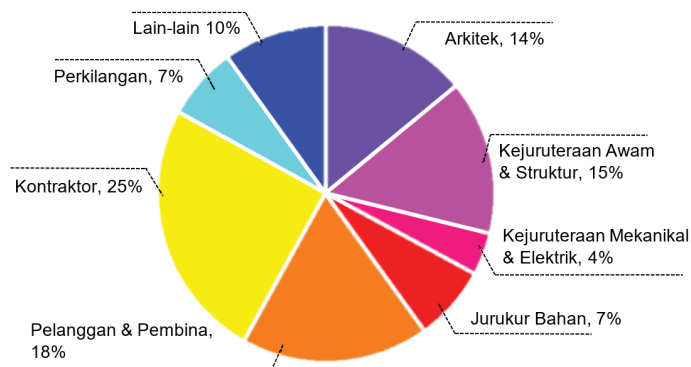
Praktik pemodelan dan dokumentasi maklumat geometri bermula pada tahun 1970-an dan 1980-an dengan pengenalan Geometri Pepejal Konstruktif (Constructive Solid Geometry -CSG), juga dikenali sebagai kaedah pembinaan model geometri pepejal. Kemajuan ini memberi kepentingan yang besar dalam bidang senibina, terutamanya untuk mengatasi isu penolakan ruang dan penembusan semasa proses rekabentuk. Oleh itu, hubungan yang erat perlu dibina antara pereka bentuk dan medium reka bentuk sepanjang proses tersebut. Hal ini menyebabkan perkembangan pelbagai kaedah interaksi manusia-komputer, dan ini membawa kepada permulaan lukisan berbantuan computer (CAD) dan teknologi BIM.

BIM dijelaskan oleh Davis (2007) sebagai representasi digital ciri fizikal dan fungsi kemudahan, serta perkongsian sumber pengetahuan untuk maklumat tentang kemudahan tersebut, yang membentuk asas yang boleh dipercayai untuk membuat Keputusan kitaran hayatnya. Menurut definisi CIDB, (2016), BIM merupakan suatu bentuk teknologi pemodelan dan koleksi proses yang berkaitan untuk menghasilkan, berkomunikasi, menganalisis, dan

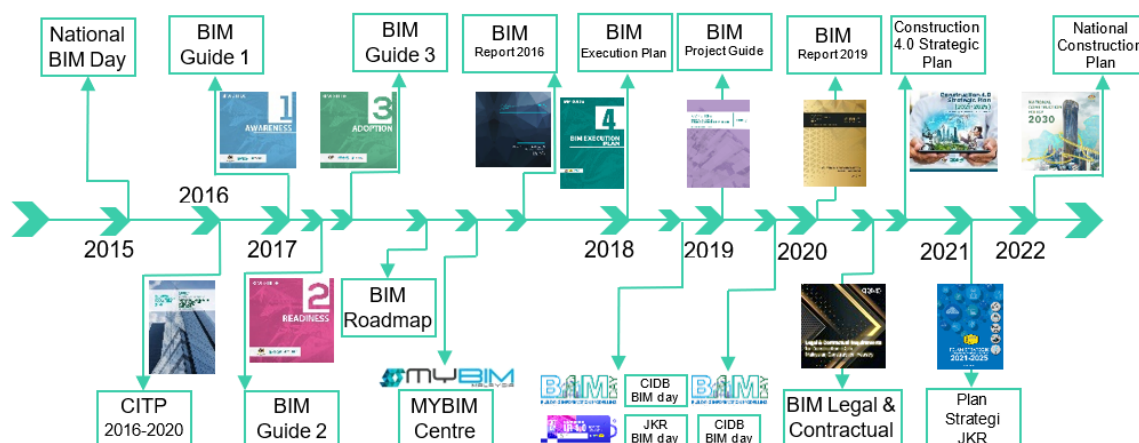
menggunakan model maklumat digital untuk tempoh projek pembinaan. Definisi ini sejajar dengan yang diberikan oleh Eastman et al. (2011), yang mendefinisikan BIM sebagai metodologi untuk mereka bentuk dan membina dengan menggunakan model maklumat bangunan, proses dan pengguna yang berkaitan untuk menjana, bertukar dan menilai data.

PENERIMAAN BIM DI MALAYSIA

Ismail et al. (2022) menyatakan bahawa kebanyakan daripada firma pembinaan di Malaysia mempunyai wawasan tentang idea BIM, tetapi kekurangan bimbingan, sokongan kerajaan dan pekerja yang terlatih, telah menyebabkan kadar penggunaan teknologi yang perlahan. Walau bagaimanapun, dilaporkan dalam Rajah 1 bahawa kadar penggunaan BIM dalam firma kejuruteraan awam dan struktur ialah 15 peratus, firma senibina 14 peratus dan hanya tujuh (7) peratus daripada firma ukur kuantiti yang terlibat dalam penggunaan BIM sejak BIM diperkenalkan diperkenalkan 10 tahun lalu (CIDB 2020). Memandangkan amalan seni bina, kejuruteraan dan ukur adalah pemain utama dalam persekitaran kerja BIM, ini boleh menjadi penunjuk penting bagi penggunaan BIM yang perlahan dalam industri pembinaan Malaysia secara keseluruhan. Kronologi pembangunan BIM di Malaysia diterjemahkan dalam Rajah 2. Hubungan antara faktor luaran, tanggapan kemudahgunaan (PU), tanggapan kemudahgunaan (PEOU) dan penggunaan sebenar (AU) BIM dalam industri pembinaan di Sabah dianalisis dalam penyelidikan ini. Penyelidikan ini merangkumi individu yang terlibat atau mengamalkan teknologi BIM dalam industri pembinaan di Sabah.



RAJAH 1. Pengamal BIM mengikut industri Pembinaan



RAJAH 2. Kronologi Industri BIM di Malaysia

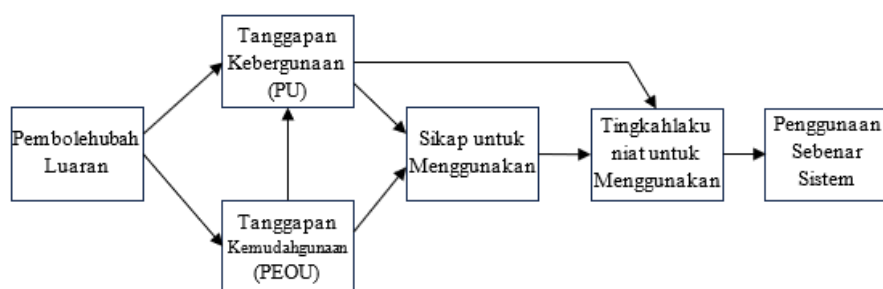
KAJIAN LITERATUR

MODEL PENERIMAAN TEKNOLOGI (TAM)

Model Penerimaan Teknologi juga dikenali sebagai *Technology Acceptance Model* (TAM) telah digunakan dalam berbagai kajian untuk menganalisis penerimaan teknologi dalam sistem berasaskan maklumat seperti penggunaan e-learning, sistem informasi perpustakaan digital, dan aplikasi belanja dalam talian (Pibriana, 2020; Pratama et al. 2022). TAM diasaskan kepada TRA (Fishbein & Azjen 1975; Ajzen & Fishbein 1980) dan kini dianggap sebagai model standard untuk mengkaji penerimaan teknologi. TAM mula diperkenalkan oleh Davis (1986) dalam tesis doktoralnya. Tidak lama kemudian, model itu disemak semula dalam Davis (1989).

Model awal, serta semakannya, dikembangkan berdasarkan TRA (Fishbein & Azjen 1975).

Penerimaan teknologi maklumat seringkali menggunakan model TAM yang merupakan model paling berpengaruh dan sering digunakan dalam kajian penerimaan teknologi (Bujanov & Maier-Sperdelozzi, 2021). Musa et al. 2024 dalam penyelidikan berkenaan trend dalam bidang pemasaran menggunakan TAM memberikan evolusi aplikasi TAM dalam tempoh masa dari tahun 2002 - 2022. TAM merupakan model yang digunakan untuk meramal penerimaan pengguna terhadap teknologi berdasarkan dua pembolehubah iaitu tanggapan kebergunaan (perceived usefulness, PU) dan tanggapan kemudahan (perceived ease of use, PEOU) menurut Davis, (1989), seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.



RAJAH 3. Model Penerimaan

PEMBOLEHUBAH LUARAN

Model Davis 1985 menegaskan bahawa pembolehubah luaran, seperti ciri-ciri daripada sasaran tingkahlaku, mempengaruhi niat, tingkahlaku hanya secara tidak langsung mempengaruhi kepercayaan individu, penilaian,

kepercayaan normatif, motivasi untuk mematuhi norma sikap dan subjektif komponen. Pembolehubah luaran merangkumi semua pembolehubah yang tidak diwakili secara langsung dalam model termasuk demografi atau ciri personaliti, tingkahlaku dan komunikasi.

FAKTOR TEKNOLOGI

BIM secara semula umumnya diketahui adalah kaedah dan teknologi terkini untuk menyelesaikan kekurangan dalam industri pembinaan. Usaha untuk menyelamatkan keadaan ini telah mendorong para penyelidik untuk terus menyiasat faktor-faktor yang kritikal kearah kejayaan sesuatu teknologi (Ogunrinde et al. 2021). Ciri lain BIM ialah hubungannya yang rapat dengan teknologi maklumat dan komunikasi, oleh itu isu dengan konvensional ICT pelaksanaan berkait rapat dengan teknologi digital seperti pelaksanaan BIM (Farooq et al. 2020). Ciri utama BIM adalah skop kerja lebih mudah difahami, menyelesaikan pertembungan, rekabentuk parametrik, BIM kelihatan sama di mana-mana negara, dimana ia memudahkan proses perolehan dan menyediakan banyaka automasi pada masa hadapan (Ulvestad, Ø. and Vieira 2021). Selain itu, kekurangan penjajaran teknologi juga boleh menyebabkan jurang digital antara reka bentuk dan peringkat lain (Ademci & Gundes, 2021). Oleh itu, adalah penting untuk mencari keseimbangan antara kitaran hayat projek dan pilihan perisian BIM yang tersedia. Ini mungkin kerana belum ada protokol BIM standard yang membenarkan pertukaran data antara perisian (Ahmad Jamal et al. 2019). Maka berdasarkan faktor teknologi, hipotesis berikut dikemukakan:

H_{1a} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor teknologi terhadap tanggapan kebergunaan.

H_{1b} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor teknologi terhadap tanggapan kemudahan.

FAKTOR PENGURUSAN

Beberapa organisasi terlibat proses BIM, dan mereka biasanya menggunakan pelbagai jenis perisian. Walau bagaimanapun, keserasian merentas aplikasi lain tidak terjamin kerana sesetengah vendor BIM hanya mengendalikan kesalingoperasian antara item dibenarkan mereka (Pavón et al. 2020). Selain itu, Farooq et al. (2020) menyatakan bahawa ketidakcukupan dan kebimbangan yang jelas tentang cara melaksanakan atau menggunakan BIM merupakan salah satu cabaran dalam melaksanakan BIM. Tiada undang-undang yang mewajibkan penggunaan BIM pada skala projek tertentu, menjadikan BIM jarang diterima pakai (Bujanov & Maier-Speredelozzi, 2021). Ini lebih konsisten dengan penemuan oleh Manzoor et al. (2021), apabila mereka melihat bahawa di Malaysia, banyak syarikat pembinaan di Malaysia mempunyai wawasan tentang model BIM, tetapi penerimaan telah ditangguhkan kerana kekurangan bimbingan, sokongan

kerajaan, dan kakitangan terlatih. Ini akan membawa kepada ketidakbiasaan yang mencukupi dengan penggunaan BIM dan kekurangan rujukan untuk membantu dalam melaksanakan BIM. Maka berdasarkan faktor pengurusan, hipotesis berikut dikemukakan:

H_{2a} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor pengurusan terhadap tanggapan kebergunaan.

H_{2b} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor pengurusan terhadap tanggapan kemudahan.

FAKTOR INDIVIDU

Bujanov & Maier-Speredelozzi (2021) dan Manzoor et al. (2021) menyatakan bahawa penggunaan BIM memerlukan transformasi yang ketara dalam struktur organisasi, serta perubahan dalam kemahiran sumber manusia. Kadar keterlibatan yang tinggi adalah petanda utama kejayaan dalam mencapai matlamat pelaksanaan BIM. Penggunaan BIM boleh merangsang kerjasama antara firma dalam AEC yang seterusnya boleh meningkatkan kerjasama antara individu dalam firma (Sinoh et al. 2020). Kebanyakan syarikat pembinaan masih tidak melaksanakan BIM kerana terlalu selesa menggunakan proses konvensional. Ini disebabkan oleh persepsi bahawa BIM sukar digunakan, mahal, dan memerlukan latihan (Liao et al. 2019; Disney et al. 2024). Vitente et al. (2024) mencadangkan bahawa model penerimaan BIM penerimaan organisasi dan individu bagi penggunaan BIM perlu diambil kira agar BIM dapat diterima pakai sepenuhnya. Maka berdasarkan faktor individu, hipotesis berikut dikemukakan:

H_{3a} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor individu terhadap tanggapan kebergunaan.

H_{3b} : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara faktor individu terhadap tanggapan kemudahan.

TANGGAPAN KEBERGUNAAN

(*PERCEIVED USEFULNESS, PU*)

PU dapat mengenalpasti pandangan bagaimana sikap pengguna dipengaruhi oleh sikap untuk menggunakan teknologi. Davis (1989) merujuk produktiviti kerja, prestasi dan keberkesanan sebagai PU dalam model TAM. Kelebihan relatif ciri inovasi oleh Rogers (1995) dianalogikan sebagai PU. Maka berdasarkan tanggapan kebergunaan, hipotesis berikut dikemukakan:

H₄ : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara tanggapan kebergunaan terhadap penggunaan kaedah BIM dalam industri pembinaan di Sabah.

H₆ : Tanggapan kebergunaan secara positif memediasi hubungan antara tanggapan kemudahgunaan dan penggunaan kaedah BIM dalam industri pembinaan di Sabah.

TANGGAPAN KEMUDAHGUNAAN

(*PERCEIVED EASE OF USE, PEOU*)

Rogers (1995) menganalogikan PEOU sebagai persepsi atau tanggapan ciri kerumitan sesuatu inovasi. Usaha yang banyak tidak diperlukan untuk mempelajari sesuatu inovasi ditakrifkan sebagai PEOU (Davis 1989; Davis et al. 1989). Jangkaan prestasi PEOU ini terdapat persamaannya dari segi konstruk dan skala pengukuran oleh (Venkatesh et al. 2003). Pembolahubah moderasi yang mempengaruhi PEOU dinyatakan sebagai jantina, umur dan pengalaman dalam kajian ini. Maka berdasarkan perkara di atas, hipotesis berikut dikemukakan:

H₅ : Terdapat hubungan positif yang signifikan antara tanggapan kemudahgunaan penggunaan kaedah BIM dalam industri pembinaan di Sabah.

PENGUNAAN SISTEM SEBENAR

Istilah penggunaan sistem sebenar yang digunakan dalam Model Penerimaan Teknologi (TAM) bermaksud dimana individu melaksanakan atau menggunakan sesuatu teknologi. Niat tingkahlaku, yang dipengaruhi oleh pembolehubah termasuk tanggapan kebergunaan dan tanggapan kemudahgunaan memberi pengaruh ke atasnya. Istilah TAM sering digunakan untuk menggambarkan penggunaan yang dimaksudkan dan system IT sebenar (Andy et al. 2021). Penyelidikan semasa memfokuskan perspektif berbeza yang berkaitan dengan pembangunan model penerimaan teknologi (TAM), dan beberapa tinjauan literature telah dijalankan yang cuba memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang TAM (Haryanti & Subriadi, 2020; Albashrawi, 2021; Ćinjurević et al. 2021; Trisnaning Putri et al. 2023). Walaupun model TAM menekankan penggunaan komputer dan pengalaman penggunaan teknologi, model ini menjadi pertikaian apabila ia gagal untuk mempertimbangkan elemen tambahan, termasuk kos, struktur dan kesan Masyarakat ke atas pelaksanaan IT. Penyelidikan ini mengkaji pengaruh langsung PU dan PEOU terhadap pelaksanaan BIM, satu aspek yang telah mendapat perhatian yang terhad dalam penyelidikan terdahulu. Maka, dalam penyelidikan ini, hipotesis berikut mengenai pengantara PU dan PEOU dianalisis;

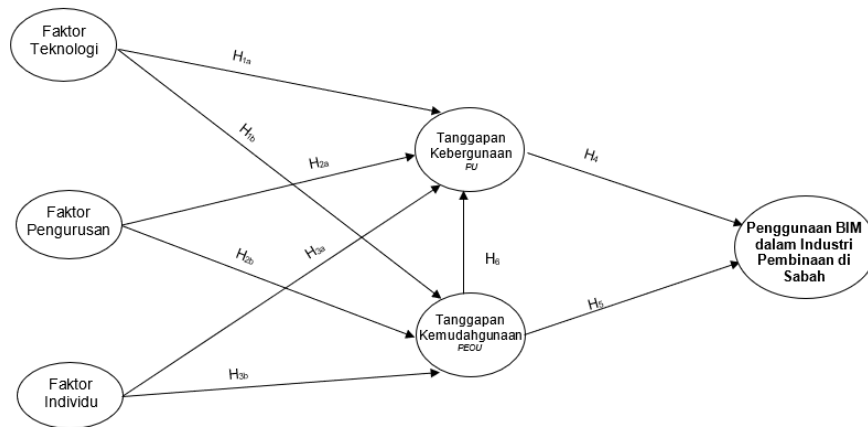
KAEDAH KAJIAN

Penyelidikan ini menggunakan metodologi kuantitatif untuk mengkaji secara menyeluruh kesan PEOU dan PU terhadap AU, serta kesan pengantara PU, PEOU dan AU. Populasi penyelidikan ini dimulai daripada Jabatan Perangkaan Malaysia 2024 yang melaporkan bahawa sebanyak 71062 pertubuhan dalam sektor pembinaan pada tahun 2022. CIDB 2020 melaporkan bahawa 4 peratus sahaja penggunaan BIM di negeri Sabah. Maka sampel penyelidikan ini pula dipilih berdasarkan syarikat yang mendaftar di MyBIM Portal Resources Network List iaitu sebanyak lima (5) syarikat. Penyelidikan ini dijalankan ke atas peserta yang telah ditetapkan, menghasilkan sejumlah 30 responden terdiri daripada pengurus projek, jurutera, pengurus CAD/BIM, pemodel BIM dan pengarah urusan. Penyelidikan ini menggunakan pengumpulan data melalui kaedah soal selidik dalam talian. Susunan konsep instrumen menggunakan pembolehubah reflektif yang diperolehi daripada PEOU, PU dan AU. Selain daripada itu, SmartPLS 4.0 (Ringle et al. 2022) telah digunakan pada data yang dikumpul untuk menguji hipotesis yang dicadangkan.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

PROSEDUR PENGUMPULAN DATA, PENGUKURAN, PEMBOLEHUBAH DAN KAEDAH ANALISIS DATA

Maklumat responden dikumpul melalui soal selidik berstruktur dan ditadbir sendiri. Responden terdiri daripada pengamal BIM di Sabah. Skala Likert lima mata yang terdiri daripada sangat tidak setuju hingga sangat setuju digunakan oleh responden untuk melengkapkan soal selidik. Item PU dan PEOU diubahsuai daripada Davis (1986). Penilaian faktor luaran, iaitu faktor teknologi terdiri daripada empat (4) item, faktor pengurusan empat (4) item manakala faktor individu terdiri daripada dua (2) item. Penilaian tanggapan kebergunaan (PU) terdiri daripada sepuluh (10) item, manakala tanggapan kemudahgunaan (PEOU) terdiri daripada lima (5) item dan penggunaan teknologi sebenar terdiri daripada empat (4) item. Maklum balas telah dianalisis menggunakan SPSS versi 26 untuk analisis demografi. Selanjutnya SmartPLS digunakan untuk menganalisis hipotesis yang dicadangkan. Sebanyak 30 responden terdiri daripada pengamal BIM dalam industri pembinaan di Sabah telah turut serta dalam menjawab soal selidik. Cadangan rangka penyelidikan ini ditunjukkan dalam rajah 4.



Rajah 4. Cadangan Kerangka Penyelidikan

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

DEMOGRAFI LATAR BELAKANG PERKHIDMATAN SYARIKAT

Hasil daripada kutipan data yang telah dibuat oleh 30 orang pengamal BIM di Sabah berasaskan perkhidmatan syarikat adalah seperti Jadual 1 di bawah. Berdasarkan jadual, 10 (18.2%) syarikat menawarkan pengkontrakan am, 14 (25.5%) perkhidmatan reka bentuk dan pembinaan, 14 (25.5%) perkhidmatan pengurusan pembinaan dan perkhidmatan reka bentuk sebanyak 17 syarikat mewakili 30.9% dan merupakan peratus terbesar jenis perkhidmatan yang ditawarkan.

Jadual 1. Peratusan jenis perkhidmatan syarikat.

Perkhidmatan	Maklumbalas	
	N	Peratusan
Pengkontrakan Am	10	18.2%
Perkhidmatan Reka Bentuk dan Pembinaan	14	25.5%
Perkhidmatan Pengurusan Pembinaan	14	25.5%
Perkhidmatan Reka Bentuk	17	30.9%
Total	55	100.0%

JAWATAN RESPONDEN DALAM ORGANISASI

Jadual 2 di bawah menunjukkan jawatan yang disandang oleh 30 responden dalam 5 buah syarikat yang dijadikan sebagai sampel kajian. Jawatan ini terdiri daripada pengurus CAD/BIM, 3 (10%), pemodel BIM, 8 (26.7%), pengarah urusan, 5 (16.7%), pengurus projek, 3 (10%), jurutera projek, 3 (10%) serta lain-lain, 8 (26.7%) yang terdiri daripada empat (4) orang koordinator BIM, dua (2) orang ukur bahan, seorang (1) arkitek dan seorang (1) bahagian jualan.

Jadual 2. Peratusan jawatan dalam syarikat.

Jawatan	Kekerapan	Peratusan
Pengurus CAD/BIM	3	10.0
Pemodel BIM	8	26.7
Pengarah	5	16.7
Pengurus Projek	3	10.0
Jurutera Projek	3	10.0
Lain-lain	8	26.7
Total	30	100.0

BILANGAN PEKERJA DALAM SYARIKAT

Jadual 3 menunjukkan peratusan bilangan pekerja dalam syarikat. Bilangan pekerja yang kurang dari 20 orang memberikan kekerapan sebanyak 9 (30%), 20-99 orang kekerapan sebanyak 13 (43.3%) dan 100-500 orang sebanyak 8 (26.7%).

Jadual 3. Peratusan bilangan pekerja dalam syarikat.

Bilangan Pekerja	Kekerapan	Peratusan
Kurang dari 20	9	30.0
20-99	13	43.3
100-500	8	26.7
Total	30	100.0

TAHAP PENGALAMAN SYARIKAT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BIM

Tahap pengalaman syarikat dalam penggunaan teknologi BIM juga dimasukkan dalam soal selidik penyelidikan ini. Jadual 4 menunjukkan peratusan tahap BIM syarikat. Tahap pemula dan pertengahan merekodkan kekerapan yang sama dan tertinggi iaitu sebanyak 10 dan membawa peratusan sebanyak 33.3%. Manakala untuk tahap mahir dan pakar

juga merekodkan kekerapan dan peratusan yang sama iaitu sebanyak 5 dan peratusan sebanyak 5% masing-masing.

PENILAIAN MODEL STRUKTUR

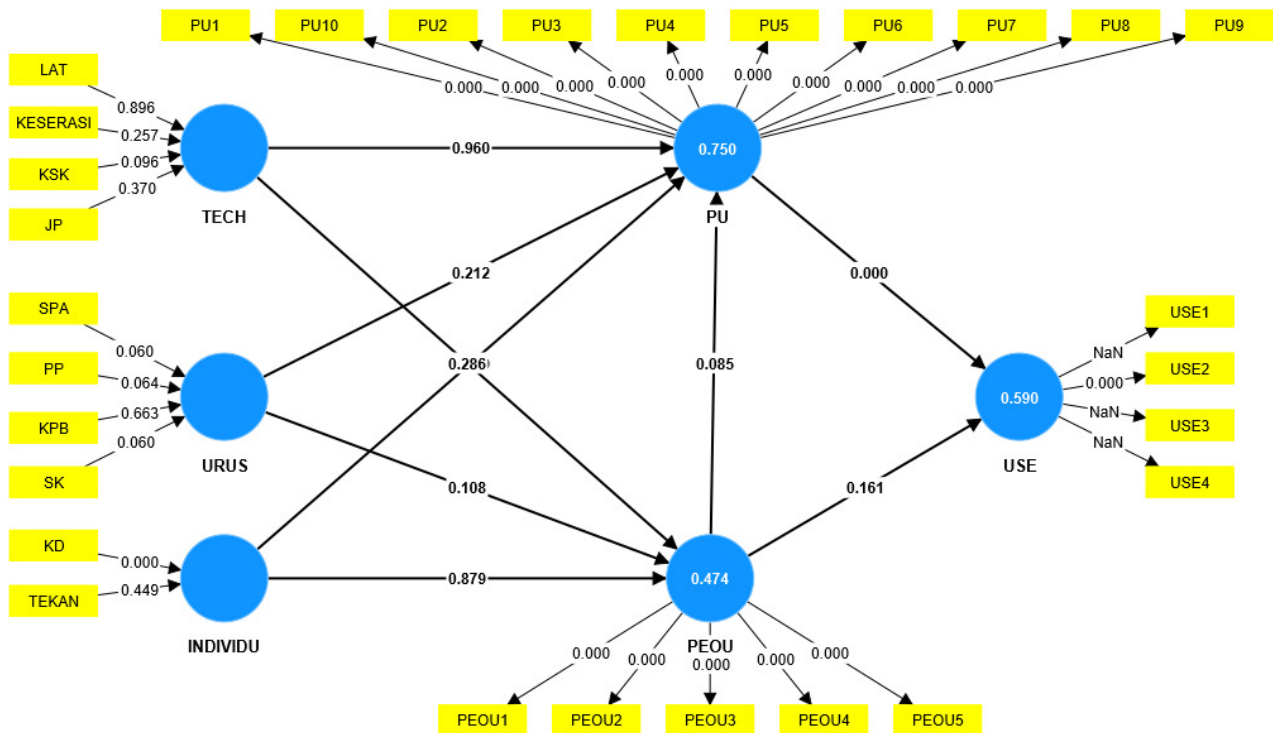
Pengukuran struktur ialah peringkat akhir yang bertujuan untuk menilai hubungan sebab akibat antara konstruk, juga dikenali sebagai pekali laluan, dan akhirnya menguji hipotesis yang dicadangkan. Ralat standard dan statistik ujian dianggarkan dengan menggunakan SmartPLS Versi 4.0 dengan pilihan bootstrapping. Penilaian struktur terdiri daripada enam (6) penilaian; Kolineariti, pekali laluan, pekali penentuan, saiz kesan, perkaitan ramalan dan kesan pengantara. Jadual 5 menyediakan kriteria untuk menilai model struktur dan penilaian kualiti model. Manakala rajah 5 adalah model struktural yang terhasil daripada analisis yang telah dilakukan.

Jadual 4. Peratusan tahap BIM syarikat.

Tahap BIM	Kekerapan	Peratusan
Pemula	10	33.3
Pertengahan	10	33.3
Mahir	5	16.7
Pakar	5	16.7
Total	30	100.0

Jadual 5. Ringkasan Indeks untuk Model Struktur

Ujian Penilaian	Nama Indeks	Tahap Penerimaan	Sokongan Literatur
<i>Path Coefficient</i>	<i>Path Coefficient</i>	p value < 0.01 t value < 2.58 (dua ekor) t value < 2.33 (satu ekor) p value < 0.05 t value < 1.96 (dua ekor) t value < 1.645 (satu ekor)	(Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, 2017)
f^2	<i>Effect size kepada R^2</i>	0.35 – Tinggi 0.15 – Sederhana 0.02 – Kecil	(Cohen, 1988)
R^2	<i>Coefficient of Determination</i>	0.26 = Tinggi 0.13 – Sederhana 0.02 – Lemah 0.67 – Tinggi 0.33 – Sederhana 0.19 – Lemah 0.75 – Tinggi 0.50 – Sederhana 0.25 – Lemah	(Cohen, 1988) (Chin, 1998) (Hair et al. 2014)
<i>Convergent Validity</i>	<i>Variance Inflation Factor</i>	VIF < 3.3 atau lebih tinggi VIF < 5.0	(Diamantopoulos & Siguaw, 2006) (Hair et al. 2014) bersambung...
Q^2	<i>Stone-Geisser Q^2 Predictive relevance</i>	>0 menunjukkan bahawa konstruk eksogen mempunyai perkaitan ramalan berbanding konstruk endogen	(Hair et al. 2017) (Stone, 1974) (Geisser, 1975)
q^2	<i>Effect size q^2 (pilihan)</i>	0.35 – Substantial 0.15 – Sederhana 0.02 – Kecil	(Hair et al. 2017)



RAJAH 5. Model Struktural

CONVERGENT VALIDITY

Akhir sekali, kepentingan dan kaitan pemberat luar binaan formatif diperiksa. Keputusan menunjukkan bahawa semua penunjuk formatif adalah signifikan. Maka penunjuk ini dikekalkan dalam konstruk formatif.

PATH COEFFICIENT

Dalam kajian ini, sembilan (9) hipotesis langsung dibangunkan antara konstruk. T statistic untuk semua

laluan dijana menggunakan fungsi bootstrapping. SmartPLS 4.0 untuk menguji tahap keertian. Berdasarkan penilaian pekali laluan sebagai ditunjukkan dalam Jadual 6, hanya tiga perhubungan didapati mempunyai nilai- $t \geq 1.645$, oleh itu signifikan pada aras 0.05 aras signifikan. Khususnya, peramal kebergunaan (PU) ($\beta = 0.969$, $p < 0.01$) adalah berkait negatif dengan masalah penggunaan. Bagi kesan pengantaraan Kebergunaan (PU) ($\beta 0.443$, $p < 0.01$) tidak menjadi pengantara hubungan antara semua kemudahan (PEOU) (teknologi, pengurusan dan individu) untuk menggunakan BIM.

Jadual 6. Path Coefficient

Kesan Langsung	Beta	S.E.	t-value	p-value	LLCI	ULCI	Keputusan
H _{1a} : TECH → PU	-0.011	0.212	0.050	0.480	-0.377	0.301	Tidak Disokong
H _{2a} : URUS → PU	0.295	0.236	1.249	0.106	-0.092	0.670	Tidak Disokong
H _{3a} : INDIVIDU → PU	0.243	0.164	1.479	0.070	-0.063	0.479	Tidak Disokong
H ₄ : PEOU → PU	0.457	0.266	1.722	0.043	-0.024	0.802	Tidak Disokong
H _{1b} : TECH → PEOU	0.263	0.246	1.067	0.143	-0.211	0.609	Tidak Disokong
H _{2b} : URUS → PEOU	0.514	0.320	1.606	0.054	-0.116	0.944	Tidak Disokong
H _{3b} : INDIVIDU → PEOU	-0.035	0.229	0.152	0.440	-0.372	0.370	Tidak Disokong
H ₄ : PU → USE	0.969	0.170	5.718	0.000	0.634	1.200	Disokong
H ₅ : PEOU → USE	-0.290	0.207	1.401	0.081	-0.624	0.054	Tidak Disokong

Nota: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Pembetulan Bias, LL=Had Bawah, UL=Had Atas

PENILAIAN MODEL STRUKTURAL FAKTOR TANGGAPAN KEBERGUNAAN (PU)

Jadual 7 menunjukkan nilai R^2 untuk teknologi, pengurusan, individu dan tanggapan kemudahan kepada tanggapan kebergunaan ialah 0.750, iaitu melebihi nilai tinggi 0.26 seperti yang disyorkan oleh Cohen, (1988). Ini menunjukkan model ketepatan ramalan tinggi kerana nilai untuk f^2 (purata 0.385) adalah lebih tinggi sedikit daripada nilai tinggi iaitu 0.35 (Cohen, 1988). Ini juga bermakna faktor teknologi, pengurusan, individu dan tanggapan kemudahan secara kolektif menjelaskan 75 peratus varian dalam tanggapan kebergunaan. Namun begitu, dalam menilai perkaitan ramalan model laluan Q^2 , tidak dapat dilakukan kerana jumlah responden yang sedikit. Ini menunjukkan bahawa teknologi, pengurusan, individu dan kemudahan mempunyai perkaitan dengan kebergunaan (S. Lee et al. 2015a, Hong et al. 2019, S. Lee & Yu, 2020)

FAKTOR TANGGAPAN KEMUDAHGUNAAN (PEOU)

Seterusnya nilai R^2 untuk teknologi, pengurusan dan individu kepada tanggapan kemudahan ialah 0.474, iaitu melebihi nilai tinggi iaitu 0.26 seperti yang disyorkan juga oleh Cohen, (1988). Ini menunjukkan model ketepatan ramalan sederhana kerana nilai f^2 (purata 0.055) adalah lebih tinggi sedikit dari nilai rendah iaitu 0.02 dan nilai sederhana 0.15 (Cohen, 1988). Ini juga bermakna, faktor teknologi, pengurusan dan individu secara kolektif menjelaskan 47.4 peratus varian dalam tanggapan kemudahan. Disebabkan jumlah responden yang tidak mencukupi, perkaitan ramalan model Q^2 tidak dapat dilakukan. Ini menunjukkan bahawa teknologi, pengurusan dan individu mempunyai perkaitan dalam kemudahan (S. Lee et al. 2015a, Hong et al. 2019, S. Lee & Yu, 2020).

FAKTOR PENGGUNAAN BIM

Akhir sekali nilai R^2 tanggapan kebergunaan dan tanggapan kemudahan untuk menggunakan BIM ialah 0.590, juga melebihi nilai tinggi iaitu melebihi nilai tinggi iaitu 0.26 seperti yang disyorkan juga oleh (Cohen, 1988). Ini menunjukkan model ketepatan ramalan sederhana kerana nilai f^2 (purata 0.083) adalah lebih tinggi sedikit dari nilai rendah iaitu 0.02 dan nilai sederhana 0.15 (Cohen, 1988). Ini juga bermakna, faktor teknologi, pengurusan dan individu secara kolektif menjelaskan 59.0 peratus varian dalam kemudahan. Disebabkan jumlah responden yang tidak mencukupi, perkaitan ramalan model Q^2 juga tidak dapat dilakukan. Ini menunjukkan bahawa kebergunaan dan kemudahan mempunyai perkaitan dalam penggunaan BIM.

Jadual 7. *Variance Inflation Factor (VIF)*

Kesan Langsung	f^2	R^2	VIF
H_{1a} : TECH -> PU	0.926	0.750	1.896
H_{2a} : URUS -> PU	0.088		3.966
H_{3a} : INDIVIDU -> PU	0.084		2.806
H_4 : PEOU -> PU	0.441		1.900
H_{1b} : TECH -> PEOU	0.074	0.474	1.765
H_{2b} : URUS -> PEOU	0.145		3.463
H_{3b} : INDIVIDU -> PEOU	0.001		2.804
H_5 : PU -> USE	0.000	0.590	2.473
H_6 : PEOU -> USE	0.083		2.473

ANALISIS PENGANTARAAN

Hanya terdapat satu analisis pengantaraan dalam kajian ini. Berdasarkan Jadual 8, kebergunaan ($\beta = 0.443$, $p > 0.084$) tidak menjadi pengantara antara kemudahan dan penggunaan BIM. Dengan kata lain, tiada kesan tidak langsung dikesan. Hasil penilaian dibincangkan dengan lebih lanjut dalam bab seterusnya.

Jadual 8. *Analisis Pengantara (Mediating Effects)*

Kesan Pengantaraan	Beta	S.E.	t-value	p-value	LLCI	ULCI	Keputusan
H7: PEOU -> PU -> USE	0.443	0.257	1.728	0.084	-0.042	0.914	Tidak Disokong

Nota: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Pembetulan Bias, LL=Had Bawah, UL=Had Atas, nilai p : 0.01, 0.05

PERBINCANGAN

Walaupun penggunaan BIM tidak langsung mempengaruhi tanggapan kebergunaan dan tanggapan kebergunaan, hasil kajian menunjukkan bahawa faktor-faktor tersebut masih

mempengaruhi penggunaan BIM secara tidak langsung. Ini bermakna, walaupun penggunaan BIM tidak menjadi faktor utama yang mempengaruhi tanggapan kemudahan dan tanggapan kemudahan, tetapi faktor ini masih memainkan peranan penting dalam penggunaan BIM secara keseluruhan.

Diketahui bahawa tanggapan kebergunaan dan tanggapan kemudahgunaan BIM penting dalam mendorong penggunaan BIM di Sabah, pemangku kepentingan boleh merancang strategi yang lebih terarah untuk meningkatkan kesedaran dan pemahaman mengenai manfaat serta kemudahan penggunaan BIM. Program pelatihan dan pendidikan yang lebih intensif perlu dilibatkan untuk memastikan bahawa pengguna memahami sepenuhnya potensi BIM dan bagaimana dapat memperbaiki proses pembinaan. Dalam konteks pengenalan teknologi baru seperti BIM, penerimaan dan kepercayaan pengguna terhadap teknologi tersebut sangat penting. Oleh itu, pemahaman dan penerimaan yang lebih baik dari pengguna terhadap tanggapan kebergunaan dan tanggapan kemudahgunaan BIM akan memberikan dorongan yang lebih besar untuk penggunaan teknologi ini dalam industri pembinaan di Sabah.

KESIMPULAN

Persepsi antara tanggapan kebergunaan terhadap penggunaan BIM adalah peramal yang disokong untuk penerimaan BIM di Sabah. Ini bermaksud pengguna akan menganggap sistem ini berguna dan mempunyai keyakinan dan mereka percaya bahawa mereka boleh mengawal penggunaan teknologi tersebut. Tanggapan kebergunaan adalah faktor yang paling berpengaruh pada penggunaan BIM di Sabah. Ketiga-tiga pembolehubah iaitu teknologi, pengurusan dan individu dilihat tidak menyokong kepada tanggapan kebergunaan dan tanggapan kemudahgunaan. Walaubagaimanapun menunjukkan keputusan penilaian kualiti model yang boleh diterima.

Kajian ini mencadangkan model yang boleh menilai penerimaan pengguna terhadap teknologi ini dalam industri pembinaan di Sabah. Pembekal perisian dan latihan boleh mempertimbangkan faktor penting yang dikenalpasti melalui kajian ini, iaitu tanggapan kebergunaan dimana persepsi keseronokan pengguna menggunakan perisian BIM dilihat sebagai titik mula untuk industri pembinaan di Sabah untuk menerima BIM. Bagi organisasi atau pengurusan, menyediakan latihan kepada pekerja untuk menggunakan alatan BIM dilihat sebagai langkah yang amat berkesan dan merupakan faktor penting untuk menerima BIM. Dengan demikian, hasil kajian ini memberikan landasan yang kukuh kepada pemangku kepentingan untuk merancang strategi dan intervensi yang sesuai untuk meningkatkan penerimaan dan penggunaan BIM dalam industri pembinaan di Sabah.

PENGAKUAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia atas sokongan kewangan mereka di bawah geran GUP-2024-000

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

RUJUKAN

- Ademci, E., & Gundes, S. 2021. Individual and organisational level drivers and barriers to building information modelling. *Journal of Construction in Developing Countries* 26(1): 89–109.
- Ahmad Jamal, K. A., Mohammad, M. F., Hashim, N., Mohamed, M. R., & Ramli, M. A. 2019. Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian architect's perspective. *MATEC Web of Conferences* 266: 05003.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. 1980. *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice-Hall.
- Albashrawi, M. 2021. *Intention to Adopt E-Commerce : A Comparative Review Across Developed and The African Journal of Information Systems Intention to Adopt E-Commerce : A Comparative Review Across Developed and Developing Economies*. May.
- Bujanov, S., & Maier-Speredelozzi, V. 2021. Technology acceptance for partially automated vehicles in the United States and Germany. *IISE Annual Conference and Expo 2021*, 1112–1117.
- Chin, W. W. 1998. Issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly: Management Information Systems* 22(1).
- CIDB. 2020. *Malaysia Building Information Modelling Report*.
- Činjurević, M., Pijalović, V., Peštek, A., Lazović-Pita, L., & Karić, L. 2021. Heading out smes to the e-commerce highway: Drivers of the e-commerce perceived usefulness among smes in Bosnia and Herzegovina. *Management (Croatia)*: 26(1): 3–20.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*.
- Davis, D. 2007. National building information model standard. Issues of interoperability chair-national BIM standards scoping chair. *Infosystems*.
- Davis, F. D. 1986. A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results. *Management, Ph.D.*(May): 291.

- Davis, F. D. 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.*, 13: 319–340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. 1989. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8): 982–1003.
- Diamantopoulos, A., & Siguaw, J. A. 2006. Formative versus reflective indicators in organizational measure development: A comparison and empirical illustration. *British Journal of Management* 17(4): 263–282.
- Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., & Domenico Leto, A. 2024. Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study. *Smart and Sustainable Built Environment* 13(3): 512–531.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modelling*. John Wiley & Sons, Inc, Ed ke-2. Hoboken:
- Farooq, U., Ur Rehman, S. K., Javed, M. F., Jameel, M., Aslam, F., & Alyousef, R. 2020. Investigating bim implementation barriers and issues in Pakistan using ism approach. *Applied Sciences (Switzerland)*: 10(20): 1–21.
- Fishbein, M., & Azjen, I. 1975. Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Reading, MA: Addison-Wesley. *Contemporary Sociology* 6(2): 244–245.
- Geisser, S. 1975. The predictive sample reuse method. *Journal of the American Statistical Association* 70(350): 320–328.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. 2017. A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). Thousand Oaks. Sage 165.
- Hair, J., Anderson, R., Babin, B., & Black, W. 2014. Multivariate Data Analysis.pdf. In *Australia : Cengage: Vol. 7 edition* (p. 758).
- Haryanti, T., & Subriadi, A. P. 2020. Factors and theories for E-commerce adoption: A literature review. *International Journal of Electronic Commerce Studies* 11(2): 87–105.
- Hong, Lee, Kim, & Yu. 2019. Acceptance model for mobile Building Information Modeling (BIM). *Applied Sciences* 9(18): 3668.
- Ismail, N. A. A., Zulkifli, M. Z. A., Baharuddin, H. E. A., Ismail, W. N. W., & Mustapha, A. A. 2022. Challenges of Adopting Building Information Modelling (BIM) technology amongst SME's contractors in Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1067(1).
- Jabatan Perangkaan Malaysia. 2024. Banci Ekonomi 2023. *International Book*, 1–112.
- Lee, S., & Yu, J. 2020. Longitudinal study on construction organization's BIM acceptance. *Applied Sciences* 10(15): 5358.
- Lee, S., Yu, J., & Jeong, D. 2015. BIM acceptance model in construction organizations. *Journal of Management in Engineering* 31(3): 1–13.
- Liao, L., Teo, E. A. L., & Chang, R. 2019. Reducing critical hindrances to building information modeling implementation: The case of the Singapore construction industry. *Applied Sciences (Switzerland)*: 9(18).
- Manzoor, B., Othman, I., Gardezi, S. S. S., Altan, H., & Abdalla, S. B. 2021. Bim-based research framework for sustainable building projects: A strategy for mitigating bim implementation barriers. *Applied Sciences (Switzerland)* 11(12).
- Musa, H. G., Fatmawati, I., Nuryakin, N., & Suyanto, M. 2024. Marketing research trends using technology acceptance model (TAM): A comprehensive review of researches (2002–2022). *Cogent Business and Management* 11(1).
- Ogunrinde, O., Nnaji, C., & Amirkhanian, A. 2021. Quality management technologies in highway construction: Stakeholders' perception of utility, benefits, and barriers. *Practice Periodical on Structural Design and Construction* 26(1): 1–11.
- Pavón, R. M., Alvarez, A. A. A., & Alberti, M. G. 2020. Possibilities of bim-fm for the management of covid in public buildings. *Sustainability (Switzerland)*: 12(23): 1–21.
- Pibriana, D. 2020. Technology Acceptance Model (TAM) untuk menganalisis penerimaan pengguna terhadap penggunaan aplikasi belanja online XYZ. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*: 7(3): 580–592.
- Pratama, A., S. Z. Wulandari, & D. L. Indyastuti. 2022. Analisis Technology Acceptance Model (TAM) pada penggunaan aplikasi PLN Daily (Studi Empiris Pada Pegawai PLN UP3 Tegal). *Jurnal Inovasi Bisnis Dan Manajemen Indonesia* 5(3): 355–368.
- 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.
- Stone, M. 1974. Cross-validatory choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*: 36(2): 111–133.
- Trisnaning Putri, L., Putri Nur Aini, A., Aslamatis Solekah, N., & Febriantina Istiqomah, D. 2023. Exploring e-commerce adoption in Small and Medium Enterprises (SMEs) using the Technology Acceptance Model. *International Journal of Business Economics (IJBE)*: 5(1): 15–30.
- Ulvestad, Ø. and Vieira, T. 2021. *Caissons for Bridge Construction*. 03.
- Venkatesh, Morris, Davis, & Davis. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly* 27(3): 425.