

2022

JURNAL

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Kepemimpinan Manajer Proyek Berperan Terhadap Keberhasilan Proyek
(Buddewi Sukindrawati, Widya Kartika)

Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen Tetap
(Arusmalem Ginting, Bing Santosa, Wahyu Cahyo Gumilang)

Analisis Faktor-Faktor Infrastruktur Jalan Terhadap Kecelakaan Lalu-Lintas "Studi Kasus Jalan Raya Wonogiri – Ngadirojo"
(Satria Agung Wibawa, Retno Tri Nalarsih)

Layanan Kereta Bandara Yogyakarta International Airport Menurut Perspektif Penumpang
(Eriyandi Ferdiansyah, Risdiyanto)

Analisis Angkutan Sedimen Sungai Panjang Kabupaten Semarang
(Yekti Anggun Eka Dariyanti, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)

Identifikasi dan Penilaian Risiko Pada Proyek Ruas Jalan Semin-Tambakromo
(Widya Kartika, Buddewi Sukindrawati)

Percepatan Perizinan Dan Penetapan Aturan Kebijakan Sebagai Salah Satu Kunci Keberhasilan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Rancang dan Bangun
(Anton Simamora, Ilham Poernomo, Sahadi)

Analisis Faktor Risiko yang Mempengaruhi Kesuksesan Proyek di Indonesia dengan Metode Structural Equation Modeling (SEM)
(Mohamad Bony Barnaby, Ilham Poernomo, Sahadi)

Menilai Kemampuan BIM 7D (Facility Management) dengan Menggunakan Metode Structural Equation Modeling (SEM) dalam Proses Desain di Sektor Industri Konstruksi Di Indonesia
(Aulia Azam, Sahadi, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Penerapan Pengadaan Berbasis Lingkungan Hijau pada Pekerjaan Konstruksi Jalan dengan AHP Studi Kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta
(Setyo Bayu Wicaksono, Nindyo Cahyo Kresnanto, Ilham Poernomo)

**RANCANG BANGUN
TEKNIK SIPIL**

VOL. 08

NO. 02

**HALAMAN
1- 94**

**YOGYAKARTA
APRIL 2022**

**ISSN
2599-3135**

DEWAN EDITORIAL

- Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
- Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.
- Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra
- Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Kepemimpinan Manajer Proyek Berperan Terhadap Keberhasilan Proyek (Buddewi Sukindrawati , Widya Kartika)	1 - 11
2. Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Tetap (Arusmalem Ginting, Bing Santosa, Wahyu Cahyo Gumilang)	12 - 15
3. Analisis Faktor-Faktor Infrastruktur Jalan Terhadap Kecelakaan Lalu-Lintas “Studi Kasus Jalan Raya Wonogiri – Ngadirojo” (Satria Agung Wibawa, Retno Tri Nalarsih)	16 - 22
4. Layanan Kereta Bandara Yogyakarta International Airport Menurut Perspektif Penumpang (Eriyandi Ferdiansyah, Risdiyanto)	23 – 28
5. Analisis Angkutan Sedimen Sungai Panjang Kabupaten Semarang (Yekti Anggun Eka Dariyanti, Tania Edna Bhakty, Nizar Achmad)	29 – 34
6. Identifikasi dan Penilaian Risiko Pada Proyek Ruas Jalan Semin-Tambakromo (Widya Kartika, Buddewi Sukindrawati)	35 – 39
7. Percepatan Perizinan Dan Penetapan Aturan Kebijaksanaan Sebagai Salah Satu Kunci Keberhasilan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Rancang dan Bangun (Anton Simamora, Ilham Poernomo, Sahadi)	40 – 56
8. Analisis Faktor Risiko yang Mempengaruhi Kesuksesan Proyek di Indonesia dengan Metode Structural Equation Modeling (SEM) (Mohamad Bony Barnaby, Ilham Poernomo, Sahadi)	57 – 72
9. Menilai Kemampuan BIM 7D (Facility Management) dengan Menggunakan Metode Structural Equation Modeling (SEM) dalam Proses Desain di Sektor Industri Konstruksi Di Indonesia (Aulia Azam, Sahadi, Nindyo Cahyo Kresnanto)	73 – 82
10. Penerapan Pengadaan Berbasis Lingkungan Hijau pada Pekerjaan Konstruksi Jalan dengan AHP Studi Kasus di Daerah Istimewa Yogyakarta (Setyo Bayu Wicaksono, Nindyo Cahyo Kresnanto, Ilham Poernomo)	83 - 94

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 8, Nomor 2, Edisi April 2022. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

MENILAI KEMAMPUAN BIM 7D (FACILITY MANAGEMENT) DENGAN MENGGUNAKAN METODE STRUCTURAL EQUATION MODELING (SEM) DALAM PROSES DESAIN DI SEKTOR INDUSTRI KONSTRUKSI DI INDONESIA

Aulia Azam¹, Sahadi², Nindyo Cahyo Kresnanto³.

¹²³Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra Yogyakarta.
Jalan Tentara Rakyat Mataram No.58, Bumijo, jetis, Kota Yogyakarta, DIY (55231).

Email: auliaazam42@gmail.com¹, sahadihadi5@janabandra.ac.id², nindyo_ck@janabadra.ac.id³.

Abstract

"BIM encompasses a set of technologies, processes, and policies that collaboratively and interactively operate within a digital model throughout the entire lifecycle. The utilization of 7D BIM Facility Management within construction work, design processes, procurement, and construction execution can be seamlessly interconnected. Furthermore, it enables stakeholders involved in a project to work collaboratively. This research employs data analysis tailored to the research pattern and variables under investigation. The model used in this study is a causality model, and to test the hypotheses proposed in this research, the analysis technique employed is SEM (Structural Equation Modelling), executed through the AMOS program. A quantitative method is utilized, involving sampling from a population and employing structured questionnaires as data collection tools. 'Quantitative descriptive analysis method is a systematic approach to processing data in the form of figures or percentages regarding the state of an object under investigation, resulting in general conclusions.' Variables accepted in this study include Project Performance Level in BIM Implementation, User Proficiency Level in BIM Usage, Stakeholder Understanding Level, Assessment of Individual Contributions in Enhancing Performance, Organizational Regulations in BIM, Benefits and Ratios of BIM Usage within Company Scope, Evaluating Project Maturity in BIM Usage, Level of Development in BIM Usage, Common Data Environment. Variables not included in this analysis are BIM Usage Maturity Level, Benefits of BIM Usage.

Keywords: BIM 7D, SEM (Structural Equation Modelling)

A. Pendahuluan

Dengan perkembangan ilmu dan teknologi sangat berdampak pada bidang konstruksi. Bidang konstruksi memiliki peran penting untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan lapangan kerja. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin meningkatnya pembangunan konstruksi. Meningkatnya pembangunan tentu dibutuhkan pekerjaan dengan tingkat produktivitas tinggi, efektif, dan efisien. Pelaksanaan konstruksi dengan cara manual tentu membutuhkan pekerjaan dan waktu yang lebih lama. Hal tersebut mendorong penggunaan sistem yang Sistem tersebut dikenal dengan nama Building Information Modeling (BIM). (Eastman et al. 2011).

BIM adalah seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara kolaborasi dan integrasi dalam sebuah model digital. Penggunaan BIM dalam pekerjaan konstruksi, proses desain, pengadaan, dan pelaksanaan konstruksi dapat dengan mudah terhubung. Selain itu, memungkinkan pelaku yang terlibat dalam suatu proyek bekerja secara kolaborasi. Bentuk pengaplikasian BIM untuk perencanaan sebuah proyek merupakan penggabungan dari hasil beberapa perangkat lunak konvensional

sekaligus, hal ini merupakan sebuah kemajuan efisiensi perencanaan proyek (Berlian et al., 2016).

Building Information Modeling (BIM) dapat mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah dan melakukan analisis dampak potensial terhadap suatu proses konstruksi karena Building Information Modeling (BIM) secara konsep dapat membayangkan sebuah konstruksi virtual sebelum proses konstruksi yang sebenarnya (Smith, 2007). Menurut Eastman et al (2008) BIM dapat membuat proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat sehingga dapat berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi karena Building Information Modeling (BIM) secara nyata memberikan perubahan dengan mendorong pertukaran modelling antara disiplin ilmu yang berbeda.

B. Permasalahan

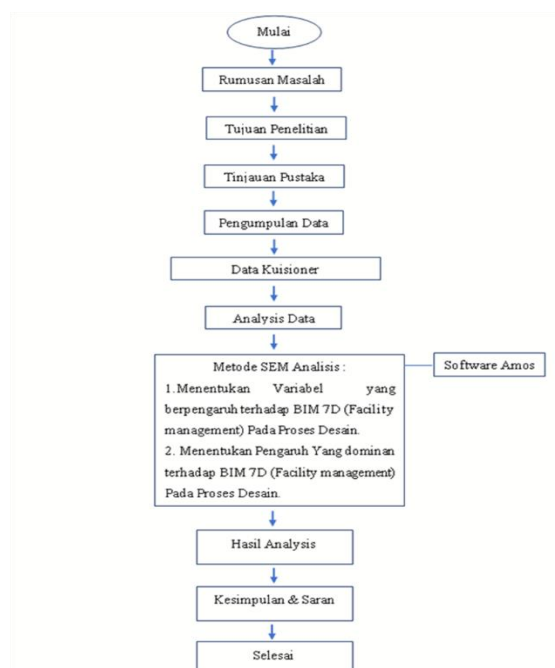
Pada penelitian ini yang menjadi dasar pokok permasalahan terkait penerapan Building Information Modeling (BIM) 7D (Facility Management)

1. Bagaimana menentukan variabel yang berpengaruh terhadap Building Information Modeling (BIM) 7D (Facility management) dalam proses desain modelling dalam sektor di Indonesia?

2. Bagaimana Menganalisis Menentukan pengaruh yang dominan terhadap pengaruh Building Information Modeling (BIM) 7D (Facility management) dalam proses desain modelling dalam sektor di indonesia?

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis data yang disesuaikan dengan pola penelitian dan variabel yang diteliti. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model kausalitas dan untuk menguji hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini maka teknik analisis yang digunakan adalah Structural Equation Modeling (SEM) yang dioperasikan melalui program AMOS. Structural Equation Modeling (SEM) adalah teknik statistik multivariate yang merupakan kombinasi antara analisis faktor dan analisis regresi (korelasi), yang bertujuan untuk menguji hubungan - hubungan antar variabel yang ada pada sebuah model, baik itu antar indikator dengan konstraknya, ataupun hubungan antar konstruk (Santoso, 2007). Metode kuantitatif yaitu suatu metode yang menggunakan sistem pengambilan sampel dari suatu populasi dan menggunakan kuesioner terstruktur sebagai alat pengumpulan data. menurut Santoso (2010) “metode analisis deskriptif kuantitatif adalah suatu cara pengolahan data yang dilakukan dengan jalan menyusun secara sistematis dalam bentuk angka-angka atau persentase mengenai keadaan suatu objek yang diteliti, sehingga diperoleh kesimpulan umum”. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mencari informasi faktual secara mendetail yang sedang menggejala dan mengidentifikasi masalah-masalah atau untuk mendapatkan justifikasi keadaan dan kegiatan-kegiatan yang sedang berjalan. Berikut alur penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 1. Alur Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini akan disebar ke seluruh Indonesia Populasi mengacu pada semua komponen yang berupa kejadian, objek, atau individu yang memiliki ciri-ciri tertentu dan menjadi pusat perhatian peneliti karena dipandang sebagai semesta kajian (Sugiyono, 2018). Seluruh proyek konstruksi di Indonesia menjadi populasi penelitian ini yang artinya populasi dari penelitian ini random. Selanjutnya yaitu menentukan sampel. Sampel adalah sebagian dari populasi yang sifat-sifatnya akan diselidiki (Irwan Hermawan, 2019). Dikarenakan perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi sangat besar di Indonesia, maka perlu adanya pembatasan guna memperkecil jumlah sampel penelitian melalui berbagai kriteria khusus dan spesifik sesuai kebutuhan penelitian. Kriteria sampel perusahaan yang akan diteliti yaitu:

1. Memiliki pengalaman implementasi BIM.
2. Menerapkan BIM khususnya sampai 7D.

Metode Structural Equation Modeling (SEM)

Structural Equation Modeling (SEM) adalah suatu teknik statistik yang mampu menganalisis pola hubungan antara konstruk laten dan indikatornya, konstruk laten yang satu dengan lainnya, serta kesalahan pengukuran secara langsung. SEM memungkinkan dilakukannya analisis di antara beberapa variabel dependen dan independen secara langsung (Hair et al, 2006).

Untuk menggunakan Structural Equation Modeling (SEM) diperlukan asumsi-asumsi yang mendasari penggunaannya. Asumsi tersebut diantaranya adalah:

a. Normalitas Data

Uji normalitas yang dilakukan pada Structural Equation Modeling (SEM) mempunyai dua tahapan. Pertama menguji normalitas untuk setiap variabel, sedangkan tahap kedua adalah pengujian normalitas semua variabel secara bersama-sama yang disebut dengan multivariate normality. Hal ini disebabkan jika setiap variabel normal secara individu, tidak berarti jika diuji secara bersama (multivariat) juga pasti berdistribusi normal.

b. Jumlah Sampel

Pada umumnya dikatakan penggunaan SEM membutuhkan jumlah sampel yang besar. Menurut pendapat Ferdinand (2002) dalam Wuensch (2006) bahwa ukuran sampel untuk pengujian model dengan menggunakan SEM adalah antara 100-200 sampel atau tergantung pada jumlah parameter yang digunakan dalam seluruh variabel laten, yaitu jumlah parameter dikalikan 5 sampai 10. Satu survei terhadap 72 penelitian yang menggunakan SEM didapatkan median ukuran sampel sebanyak 198. Untuk itu jumlah sampel sebanyak 200 data pada umumnya dapat diterima sebagai sampel yang representatif pada analisis SEM.

c. Multicollinearity and Singularity

Suatu model dapat secara teoritis diidentifikasi tetapi tidak dapat diselesaikan karena masalah-masalah empiris, misalnya adanya multikolinearitas tinggi dalam setiap model.

d. Data interval

Sebaiknya data interval digunakan dalam SEM. Sekalipun demikian, tidak seperti pada analisis jalur, kesalahan model-model SEM yang eksplisit muncul karena penggunaan data ordinal. Variabel-variabel eksogen berupa variabel-variabel dikotomi atau dummy dan variabel dummy kategorik tidak boleh digunakan dalam variabel-variabel endogenous. Penggunaan data ordinal atau nominal akan mengecilkan koefisien matriks korelasi yang digunakan dalam SEM. Bagian SEM (Structural Equation Modeling)

Secara umum, sebuah model SEM dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

a. Measurement Model

Measurement model adalah bagian dari model SEM yang menggambarkan hubungan antara variabel laten dengan indikator-indikatornya.

b. Structural Model

Structural model menggambarkan hubungan antar variabel-variabel laten atau antar variabel eksogen dengan variabel laten.

- Membangun Kemampuan Pemodelan BIM 7D (Facility Management) Pada Proses Desain Di Sektor Industri Konstruksi di Indonesia (BIM Carim) (Y1) Bagaimana Perusahaan / Proyek menggunakan BIM dalam Proses desain di dalam Cloud secara Digital.
- Tingkat Kinerja Proyek (NBIM CMM) (X1). Perusahaan / Proyek mengimplementasikan BIM sesuai dengan tingkatan BIM dari 2D – 7D model.
- Tingkat Kemahiran Penggunaan BIM (BIM PROFICIENCY MATRIX) (X2). Mengetahui bagaimana Kemahiran masing – masing BIM Modeler untuk dapat memodelkan BIM.
- Tingkat Kematangan Penggunaan BIM (BIM MATURITY MATRIX) (X3). Kematangan implementasi BIM dapat dari Level 3D Model hingga 7D Model
- Tingkat Pemahaman Ke Stakeholder (BIM QUICK SCAN) (X4). Penggunaan Teknologi untuk mempermudah implementasi BIM
- Penilaian Setiap Individu Dalam Kontribusi Dalam Meningkatkan Kinerja Proyek (VDC SCORECARD) (X5) Koordinasi Individu dengan stakeholder menggunakan System BIM yang baik.
- Peraturan Organisasi Dalam BIM (ORGANIZATIONAL BIM AP) (X6). Regulasi BIM sangat berpengaruh dalam implementasi BIM di perusahaan dan Proyek.
- Benefit Dan Ratio (BCR) Penggunaan BIM Di lingkup Perusahaan Dan Proyek (VICO BIM) (X7) Bagaimana keuntungan secara materiil menggunakan BIM dalam proses desain.

- BIM Mempunyai Banyak Manfaat Untuk Stakeholder (MULTIFUNCTIONAL BIM) (X8) Keuntungan untuk stakeholder dalam implementasikan BIM.
- Mengevaluasi Kematangan Proyek(BIM AMM) (X9) Penilaian Dalam Parameter implementasi BIM.
- Pengembangan Level BIM - Level of Development (LOD) (X10) Tingkat Level Implementasi BIM dari LOD 100 – LOD 500.
- Penggunaan Paperless /Common Data Environment (CDE) (X11) Penggunaan Sistem Cloud untuk pengajuan Gambar dan issue pekerjaan.

D. Hasil Pembahasan

Analisis Statistik Deskriptif

statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2019: 206).

Karakteristik Responden

Dari 120 responden sebagian besar responden berjenis kelamin Pria yaitu sebanyak 100 responden (83,3%).

Dari 120 responden sebagian besar responden telah bekerja selama 0 – 5 tahun yaitu sebanyak 65 responden (54,2%).

Dari 120 responden sebagian besar responden berpendidikan terakhir S1 yaitu sebanyak 92 responden (76,7%).

Statistik Deskriptif Variabel

- Diketahui Bahwa Variabel Tingkat Kinerja Proyek Memiliki Rata-Rata Sebesar 3,50, Dengan Skor Minimum 2 Dan Skor Maksimum 5.
- Variabel Tingkat Kemahiran memiliki rata-rata sebesar 3,47, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Tingkat Kematangan memiliki rata-rata sebesar 3,42, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Tingkat Pemahaman memiliki rata-rata sebesar 3,67, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Penilaian Individu memiliki rata-rata sebesar 3,47, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Peraturan Organisasi memiliki rata-rata sebesar 3,36, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Benefit dan Rasio memiliki rata-rata sebesar 3,43, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.

- Variabel Multifunctional BIM memiliki rata-rata sebesar 3,44, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Evaluasi Kematangan memiliki rata-rata sebesar 3,50, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Pengembangan Level memiliki rata-rata sebesar 3,50, dengan skor minimum 2 dan skor maksimum 5.
- Variabel Penggunaan Paperless memiliki rata-rata sebesar 2,99, dengan skor minimum 1 dan skor maksimum 5.
- Variabel Membangun Pemodelan memiliki rata-rata sebesar 2,92, dengan skor minimum 1 dan skor maksimum 5.

Uji Kuantitas Instrumen Dan Data

Uji Validitas

Pengujian validitas dalam penelitian ini menggunakan alat CFA (Confirmatory Factor Analysis) yang merupakan bagian dari AMOS. Indikator dari variabel valid jika nilai estimate >0,50, tetapi jika hasilnya < 0,50 maka hasilnya tidak valid.

Berikut ini hasil dari pengujian validitas menggunakan AMOS yang tersaji Berdasarkan hasil uji validitas dengan 120 responden dan 60 butir pertanyaan menunjukkan bahwa semua pertanyaan memiliki nilai loading factor >0,50. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa seluruh pertanyaan dalam kuesioner tersebut dapat dikatakan layak.

Uji Validitas

Pengujian reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan CR (Construct Reliability), dimana memiliki kriteria nilai CR > 0,7 maka variabel dapat dikatakan reliabel

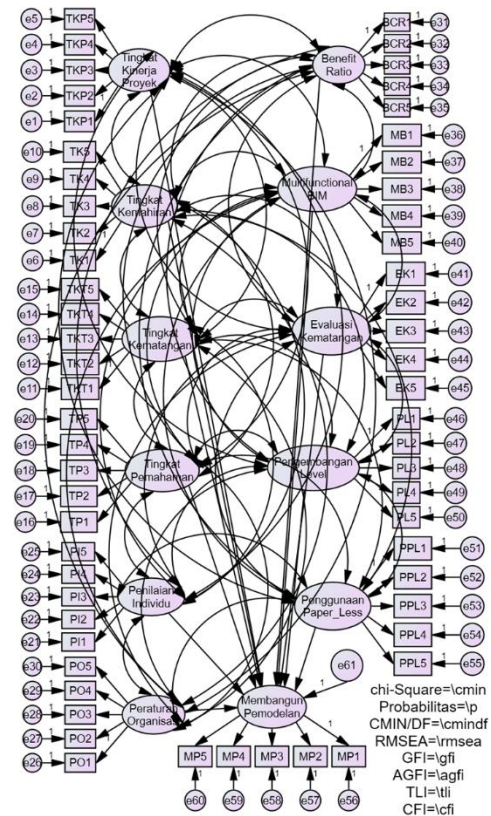
Hasil Penelitian (Uji Hipotesis)

Sesuai dengan model yang dikembangkan pada penelitian ini, maka alat analisis data yang digunakan adalah SEM yang dioperasikan dengan menggunakan aplikasi AMOS. Langkah-langkah tersebut mengacu pada proses analisis SEM menurut Ghozali (2017). Adapun urutan langkah- langkah analisis tersebut meliputi:

a. Pembahasan Model Berdasarkan Teori

Pengembangan model dalam penelitian ini didasarkan atas konsep analisis data yang telah dijelaskan pada Bab II. Secara umum model tersebut terdiri dari sebelas variabel independen (eksogen) yaitu Tingkat Kinerja Proyek, Tingkat Kemahiran, Tingkat Kematangan, Tingkat Pemahaman, Penilaian Individu, Peraturan Organisasi, Benefit dan Rasio, Multifunctional BIM, Evaluasi Kematangan, Pengembangan Level, Penggunaan Paperless, satu dependen (endogen) yaitu Membangun Pemodelan.

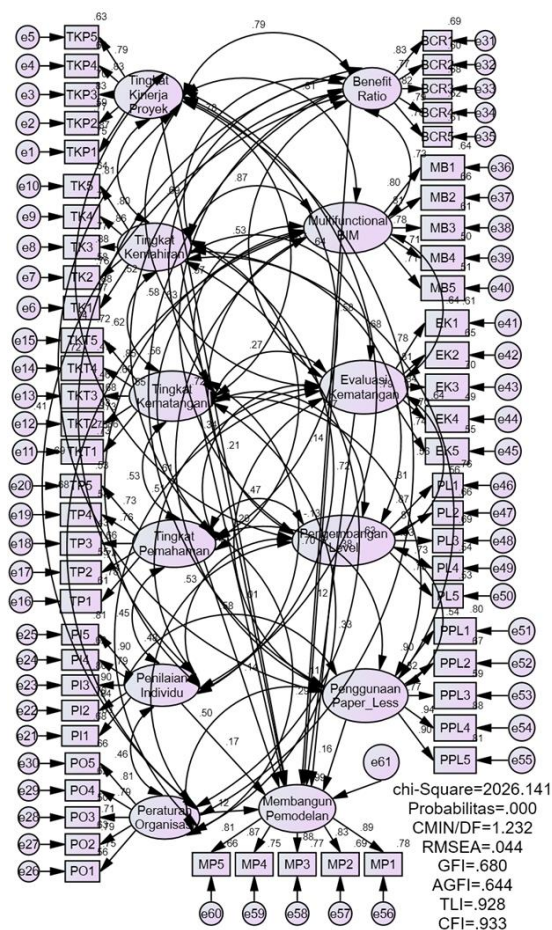
b. Menyusun Diagram Alur (Path Diagram)



Gambar 2. Diagram Alur (Path Diagram)

c. Konversi Diagram Alur ke dalam Persamaan Struktural

Model yang telah dinyatakan dalam diagram alur pada langkah 2 tersebut, selanjutnya dinyatakan ke dalam persamaan struktural dalam .



Gambar 3. Diagram Alur ke dalam Persamaan Struktural

Berikut merupakan penyederhanaan model struktural yang menjelaskan hasil chi-square = 2026,141, Probabilitas = 0,000, RMSEA= 0,044, GFI = 0,680, AGFI = 0,644, CMIN/DF = 1,232, TLI = 0,928, CFI = 0,933. Dari gambar tersebut menjelaskan bahwa hubungan antar variabel memiliki pengaruh yang kuat sehingga digambarkan dengan garis yang tegas.

d. Input Matriks dan Estimasi Model

Input matriks yang digunakan adalah kovarian dan korelasi. Estimasi model yang digunakan adalah estimasi maksimum likelihood (ML) estimasi ML telah dipenuhi dengan asumsi sebagai berikut:

1) Ukuran Sampel

Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 120 responden. Jika mengacu pada ketentuan yang berpendapat bahwa jumlah sampel yang representative adalah sekitar 100-200 menurut Ghazali (2017). Maka, ukuran sampel yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi asumsi yang diperlukan uji SEM.

2) Uji Normalitas Data

Uji Normalitas dilakukan dengan menggunakan z value (critical ratio atau C.R pada output AMOS) dari nilai skewness dan kurtosis sebaran data. Nilai kritis sebesar $\pm 2,58$ pada tingkat signifikan 0,01 menurut

Ghozali (2017). Hasil Uji Normalitas data dapat dilakukan dengan hasil menunjukkan uji normalitas secara multivariate data memenuhi asumsi normal karena nilai -0,685 berada di dalam rentang $\pm 2,58$.

3) Identifikasi Outliers

Evaluasi terhadap multivariate outliers dapat dilihat melalui output AMOS Mahalanobis Distance. Kriteria yang digunakan pada tingkat $p < 0.001$. Jarak tersebut dievaluasi dengan menggunakan χ^2 pada derajat bebas sebesar jumlah variabel terukur yang digunakan dalam penelitian. Dalam kasus ini butir pertanyaannya adalah 60, kemudian melalui program excel pada sub-menu Insert – Function – CHIINV Hasilnya adalah 99,61. Artinya semua data atau kasus yang lebih besar dari 99,61 merupakan outliers multivariate.

nilai dari Mahalanobis Distance, dari data yang diolah tidak terdeteksi adanya nilai yang lebih besar dari nilai 99,61. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data tidak ada yang outliers.

4) Identifikasi Model Struktural

Beberapa cara untuk melihat ada tidaknya problem identifikasi adalah dengan melihat hasil estimasi. Analisis SEM hanya dapat dilakukan apabila hasil identifikasi model menunjukkan bahwa model termasuk dalam kategori over-identified. Identifikasi ini dilakukan dengan melihat nilai df dari model yang dibuat.

Hasil output AMOS yang menunjukkan nilai df model sebesar 1644. Hal ini mengindikasikan bahwa model termasuk kategori over identified karena memiliki nilai df positif. Oleh karena itu analisa data bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

5) Menilai Kriteria Goodness of Fit

Menilai goodness of fit menjadi tujuan utama dalam SEM untuk mengetahui sampai seberapa jauh model yang dihipotesiskan “Fit” atau cocok dengan sampel data. Hasil goodness of fit ditampilkan pada data berikut Berdasarkan hasil, dapat dilihat bahwa model penelitian mendekati sebagai model good fit.

a) RMSEA

Analisis RMSEA ini bermanfaat untuk memperbaiki Chi-Square yang tidak dapat menerima jumlah sampel besar. Menurut Ghazali (2017), nilai RMSEA dikatakan baik apabila memiliki hasil $< 0,08$. Dari tabel dapat diketahui hasil RMSEA yaitu 0,044. Hal ini menunjukkan hasil fit karena nilainya kurang dari 0,08.

b) GFI

Goodness of Fit Index (GFI) menunjukkan tingkat kesesuaian model secara keseluruhan yang dihitung dari residual kuadrat dari model yang diprediksi dibandingkan data sebenarnya. Analisis GFI ini mengukur non statistik yang nilainya berkisar 0-1,0. Nilai 1 dinyatakan poor fit dan jika nilai semakin baik mendekati 1,0 dapat dinyatakan perfect fit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai GFI menunjukkan fit yang baik. Menurut Ghazali (2017), nilai GFI yang diuji memiliki kesesuaian yang baik adalah $> 0,90$ hasil GFI yaitu 0,680. Hal ini menunjukkan hasil tidak fit karena nilainya lebih rendah dari 0,9

c) AGFI

AGFI adalah GFI yang disesuaikan dengan rasio antara degree of freedom yang diusulkan dan degree of freedom dari null model. Menurut Ghazali (2017), merekomendasikan nilai > 0.90 . Semakin besar nilai AGFI maka dapat dikatakan semakin baik kesesuaian modelnya. dapat diketahui hasil AGFI yaitu 0,644. Hal ini menunjukkan hasil tidak fit karena nilainya lebih rendah dari 0,9.

d) CMIN/DF

Analisis CMIN/DF merupakan pengukuran kesesuaian parsimonious untuk mengukur goodness of fit. Pengukuran ini diharapkan nilainya tidak melebihi 2 agar hasilnya dapat dinyatakan fit. dapat diketahui hasil CMIN/ DF yaitu 1,232. Hal ini menunjukkan fit karena nilainya kurang dari 2.

e) TLI

Analisis TLI merupakan pengukuran pertama kali yang diusulkan untuk mengevaluasi analisis faktor. Menurut Ghazali (2017), TLI digunakan untuk mengatasi permasalahan akibat kompleksitas model. Nilai yang direkomendasikan untuk TLI yaitu $> 0,90$ dapat diketahui hasil TLI yaitu 0,928. Hal ini menunjukkan hasil fit karena nilainya lebih dari 0,90

f) CFI

Analisis CFI merupakan pengukuran tentang kesesuaian incremental. Menurut Ghazali (2017), rentang nilai antara 0-1, nilai yang mendekati 1 mengidentifikasi model yang memiliki tingkat kesesuaian baik. Nilai yang direkomendasikan untuk CFI $> 0,90$. Hasil CFI dapat diketahui hasil CFI yaitu 0,933. Hal ini menunjukkan hasil fit dikarenakan nilainya lebih dari 0,9.

Berdasarkan uji goodness of fit terdapat empat kriteria yang fit yaitu RMSEA, CMIN/DF, TLI, CFI, empat kriteria yang tidak fit yaitu Chi Square, Probability, GFI dan AGFI.

Interpretasi dan model Modifikasi Model

Apabila model tidak fit dengan data, tindakan tindakan berikut bisa dilakukan:

1. Memodifikasi model dengan menambahkan garis hubung
2. Menambah variabel jika data tersedia
3. Mengurangi variable

Modifikasi model yang dilakukan dalam penelitian ini didasari oleh teori yang dijelaskan oleh Arbuckle yang membahas mengenai bagaimana melakukan modifikasi model dengan melihat Modification Indices yang dihasilkan AMOS.

Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis yang dilakukan adalah untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pada penelitian ini atau menganalisis hubungan- hubungan structural model. Analisis data hipotesis dapat dilihat dari nilai standardized regression weight yang menunjukkan koefisien pengaruh antar variabel dalam tabel berikut:

Tabel 1. koefisien pengaruh antar variabel

No.	Hipotesis	Estimate	S.E.	C.R.	P	Hasil
H1	Tingkat Kinerja Proyek → Membangun Pemodelan	0.266	0.118	2.251	0.024	Positif Signifikan
H2	Tingkat Kemahiran → Membangun Pemodelan	0.238	0.115	2.070	0.038	Positif Signifikan
H3	Tingkat Kematangan → Membangun Pemodelan	0.015	0.093	.157	0.876	Tidak Signifikan
H4	Tingkat Pemahaman → Membangun Pemodelan	0.269	0.090	2.983	0.003	Positif Signifikan
H5	Penilaian Individu → Membangun Pemodelan	0.211	0.092	2.285	0.022	Positif Signifikan
H6	Peraturan Organisasi → Membangun Pemodelan	0.196	0.084	2.325	0.020	Positif Signifikan
H7	Benefit Ratio → Membangun Pemodelan	0.178	0.088	2.031	0.042	Positif Signifikan
H8	Multifunctional BIM → Membangun Pemodelan	-0.170	0.156	-1.093	0.274	Tidak Signifikan
H9	Evaluasi Kematangan → Membangun Pemodelan	0.153	0.064	2.396	0.017	Positif Signifikan
H10	Pengembangan Level → Membangun Pemodelan	0.134	0.066	2.026	0.043	Positif Signifikan
H11	Penggunaan Paperless → Membangun Pemodelan	0.161	0.053	3.024	0.002	Positif Signifikan

E. Kesimpulan

Menurut pengolahan data tabel, menyatakan apabila nilai CR terdapat pengaruh dengan menunjukkan nilai di atas 1,96. Lalu, untuk nilai p di bawah 0,05 pun terdapat pengaruhnya (Ghozali, 2017). Hal ini dapat dilihat rinciannya pada tabel berikut ini:

1. Hipotesis 1 (H1)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,266 dan nilai C.R 2,251 hal ini menunjukan bahwa hubungan Tingkat Kinerja Proyek dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Tingkat Kinerja Proyek maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,024 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H1) yang menyatakan “Tingkat Kinerja Proyek berpengaruh positif terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

2. Hipotesis 2 (H2)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,238 dan nilai C.R 2,070 hal ini menunjukan bahwa hubungan Tingkat Kemahiran dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Tingkat Kemahiran maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,038 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H2) yang menyatakan “Tingkat Kemahiran berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

3. Hipotesis 3 (H3)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,015 dan nilai C.R 0,157 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Tingkat Kematangan dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Tingkat Kematangan maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,876 ($p>0,05$) yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H3) yang menyatakan “Tingkat Kematangan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” ditolak.

4. Hipotesis 4 (H4)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,269 dan nilai C.R 2,983 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Tingkat Pemahaman dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Tingkat Pemahaman maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,003 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H4) yang menyatakan “Tingkat Pemahaman berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

5. Hipotesis 5 (H5)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,211 dan nilai C.R 2,285 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Penilaian Individu dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Penilaian Individu maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,022 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H5) yang menyatakan “Penilaian Individu berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

6. Hipotesis 6 (H6)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,196 dan nilai C.R 2,325 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Peraturan Organisasi dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Peraturan Organisasi maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,020 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H6) yang menyatakan “Peraturan Organisasi berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

7. Hipotesis 7 (H7)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,178 dan nilai

C.R 2,031 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Benefit Ratio dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Benefit Ratio maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,042 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H7) yang menyatakan “Benefit Ratio berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

8. Hipotesis 8 (H8)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar -0,170 dan nilai C.R -1,093 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Multifunctional BIM dengan Membangun Pemodelan negative. Artinya semakin baik Multifunctional BIM maka akan menurunkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,274 ($p>0,05$) yang berarti tidak terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H8) yang menyatakan “Multifunctional BIM berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” ditolak.

9. Hipotesis 9 (H9)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,153 dan nilai C.R 2,396 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Evaluasi Kematangan dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Evaluasi Kematangan maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,017 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H9) yang menyatakan “Evaluasi Kematangan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

10. Hipotesis 10 (H10)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,134 dan nilai C.R 2,026 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Evaluasi Kematangan dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Evaluasi Kematangan maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,043 ($p<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H10) yang menyatakan “Evaluasi Kematangan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

11. Hipotesis 11 (H11)

Parameter estimasi nilai koefisien standardized regression weight diperoleh sebesar 0,161 dan nilai C.R 3,024 hal ini menunjukkan bahwa hubungan Penggunaan Paperless dengan Membangun Pemodelan positif. Artinya semakin baik Penggunaan Paperless maka akan meningkatkan Membangun Pemodelan. Pengujian hubungan kedua variabel

tersebut menunjukkan nilai probabilitas 0,002 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan. Sehingga (H11) yang menyatakan “Penggunaan Paperless berpengaruh positif dan signifikan terhadap Membangun Pemodelan” diterima.

Saran

Saran-saran dari penelitian ini yang akan digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan faktor dari penelitian dan juga adopsi teori lain sehingga dapat memperluas pemahaman terkait faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja proyek konstruksi.
2. Penelitian selanjutnya dapat memperluas jumlah sampel penelitian agar hasil dari penelitian lebih representatif.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengadopsi pendekatan secara kualitatif juga, sehingga dapat mengetahui alasan mengapa faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi kinerja proyek konstruksi.

Daftar Pustaka

- Ahankoob, A., Manley, K., dan Abbasnejad, B. (2019): The role of contractors' Building Information Modeling (BIM) experience in realizing the potential values of BIM. *International Journal of Construction Management*, 1-12. ISSN: 2331-2327.
- Al-Moghany, S. S. (2006): Managing and minimizing construction waste in Gaza Strip. Thesis for the Degree of Master of Science in Construction Management, The Islamic University of Gaza, Palestine, 15.
- Apriansyah, R. (2021): Implementasi konsep Building Information Modeling (BIM) dalam estimasi quantity take off material pekerjaan structural. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Anindya, A. A., dan Gondokusumo, O. (2020): Kajian penggunaan cubicost untuk pekerjaan quantity take off pada proses tender. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 4 (1), 83-96. ISSN-L: 2579-6410.
- Apriansyah, R. (2021): Implementasi konsep Building Information Modeling (BIM) dalam estimasi quantity take off material pekerjaan structural. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Artawan, K. (2018): Kajian hubungan manfaat pengelolaan sisa material dalam perspektif mutu, biaya dan waktu pada proyek konstruksi di Kupang. Tesis Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 6.
- Ashby M., Shercliff H., dan Cebon D. (2019): *Material: engineering, science, processing, and design 4th edition*. Department of Engineering, University of Cambridge, United Kingdom, 2, 10, ISBN-13: 978-0081023761.
- Atmaja, J., Wijaya, Y. P., dan Hartati (2016): Pengendalian biaya waktu pada proyek konstruksi dengan konsep earned value (Studi kasus proyek pembangunan Jembatan Beringin Kota Padang). *Rekayasa Sipil*, 8 (1), 23- 30. ISSN: 1858-3695.
- Baratono, P., Ciribini, A., Bew, M., Blackwell, B., Haug, D., Koehorst, B., Voort, H.v.d., Lane, R., Lewen, I., Carlstedt, J., Matthews, A., May, I., Soubra, S., Sulakatko, V., Toricco, J., dan Sanchez, E.P. (2018): *Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*, EUBIM Task Group.
- Baskoro, S., Hartono, W., dan Sugiyarto (2016): Analisis dan identifikasi sisa material konstruksi pembangunan Gedung Kantor dan Rumah Dinas Kelurahan Gilingan (Studi Kasus Gedung Kelurahan dan Rumah Dinas Gilingan). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 4 (1), 263-270. ISSN: 2354-8630.
- Callister, W. D. Jr. dan Rethwisch, D. G. (2018): *Material science and engineering: an introduction 10th edition*. John Wiley & Sons Inc., United States of America, 1-18. ISBN-13: 978-1119321590.
- Departemen Pekerjaan Umum (2005): SBW-03. Bahan bangunan bekisting dan perancah.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs, (2019): *UK Statistics on waste, statistics notice, final report*. London, United Kingdom, 14.

- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1979): Peraturan beton bertulang Indonesia cetakan ke 7.
- Elbeltagi, E. (2009): Lecture notes on construction project management. Structural Engineering Department, Mansoura University, Egypt.
- Elgaish, F., Abrishami, S., Hosseini, M. R., dan Abu-Samra, S. (2020): Revolutionizing cost structure for integrated project delivery a BIM-based solution. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28 (4), 1214-1240. ISSN: 0969-9988.
- Eman P. A., Elisabeth, L., dan Jansen, F. (2018): Estimasi biaya konstruksi menggunakan metode parameter pada proyek pemeliharaan berkala jalan di Kota Manado, *Jurnal Ilmiah Engineering*, 8 (2), 1033-1050. ISSN: 2087-9334.
- Fadiya, O. O., Georgakis, P., dan Chinyio, E. (2014): Quantitative analysis of the sources of construction waste. *Journal of Construction Engineering*, 2014, 1-9. ISSN: 2356-7295.
- Fazeli, A., Dashti, M. S., Jalaei, F., dan Khanzadi, M. (2020): An integrated BIMbased approach for cost estimation in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management Emerald Publishing Limited*. ISSN: 0969-9988.
- Firmansyah (2008): Studi perbandingan tingkat akurasi analisa biaya konstruksi berdasarkan metode BOW, SNI 2002, SNI 2007, dan konsultan terhadap kontraktor pada proyek pembangunan perumahan. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Indonesia.
- Ganiyu, S.A., Oyedele, L.O., Akinade, O., Owolabi, H., Akanbi, L., dan Gbadamosi, A. (2020): BIM competencies for delivering waste-efficient building projects in a circular economy. *Big Data Enterprise and Artificial Intelligence Laboratory (Big-DEAL)*, University of the West of England (UWE) Bristol. 4. ISSN: 2666-1659.
- Hardin, B., dan Mccool, D. (2015): BIM and construction management, second edition. John Wiley & Sons Inc. United States of America. ISBN: 2356- 7295.
- Hatmoko, J. U. D., Fundra, Y., Wibowo, M. A., dan Zhabrinna. (2019): Investigating Building Information Modeling (BIM) in Indonesia construction industry. *MATEC Web of Conferences*, 258, 02006. ISSN: 2261-236X.
- Islami, R. R. (2021): Evaluasi model dan perhitungan volume konvensional gedung G Universitas Muhammadiyah Jember menggunakan building information modelling. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.
- Jafari, K, G., Sharyatpanahi, N. S. G., dan Noorzai, E. (2020): BIM-based integrated solution for analysis and management of mismatches during construction. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19 (1), 81- 102. ISSN: 1726-0531.
- Kementerian PUPR (2021): Peraturan Menteri PUPR RI Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. Jakarta: Sekretariat Kementerian PUPR.
- Kjartansdóttir, I. B., Mordue, S., Nowak, P., dan Snæbjörnsson, J. T. (2017): Building Information Modelling – BIM. *Construction Managers' Library*. Great Britain. ISBN: 978-83-947920-1-5
- Koesmargono dan Hadut A. M. (2018): Kajian Pengelolaan Sisa Material Konstruksi Terhadap Kontraktor di Yogyakarta dan Kupang. *Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil*, 25 (3), 237-246. ISSN: 0853-2982.
- Laorent, D., Nugraha, P., dan Budiman, J. (2019): Analisa quantity take-off dengan menggunakan autodesk revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*. 6 (1), 1-8. ISSN: 2656-3312.
- Larasati, S. (2018): Manajemen sumber daya manusia. Penerbit Deepublish (CV Budi Utama). Yogyakarta. ISBN: 978-602-475-352-8.
- Latiffi, A. A., Brahim, J., Mohd, S., dan Fathi, M. S. (2015): Building Information Modeling (BIM): exploring level of development (LoD) in construction projects. *Applied Mechanics and Materials*, 773-774, 933-937. ISSN: 1662-7482.
- Logothetis, S. dan Stylianidis, E. (2016): BIM opensource software (OSS) for the documentation of cultural heritage. *Virtual*

- Archeology Review, 7 (15), 28- 35. ISSN: 1989-9947.
- Magaline, H.P., Haryono, A.J., dan Andi (2015): Survei mengenai biaya overhead serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 4 (2), 1-8. ISSN: 2598-2397.
- Maia, L., Mêda, P., dan Freitas, J. G. (2015): BIM methodology, a new approach – case study of structural elements creation. *Procedia Engineering* 114, 816- 823. ISSN: 1877-7058.
- Mayouf, M., Gerges, M., dan Cox, S. (2019): 5D-BIM an investigation into the integration of quantity surveyors within the BIM process. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17 (3), 537-553. ISSN: 1726-0531.
- Mieslenna, C.F. dan Wibowo, A. (2019): Mengeksplorasi penerapan Building Information Modeling (BIM) pada industri konstruksi Indonesia dari perspektif pengguna. Tesis Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.
- Nariswari W., Devia Y.P., Unas S.E. (2010): Identifikasi sisa material konstruksi dalam upaya memenuhi bangunan berkelanjutan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4 (3), 195-203. ISSN: 1978-5658.
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F.S., dan Kristinayanti W. S. (2019): Analisis waste material konstruksi pada proyek gedung (studi kasus pada proyek gedung di Kabupaten Badung). *Jurnal Simetrik*, 9 (1), 185-190. ISSN: 2581-2866.
- Pusdiklat SDA dan Konstruksi, BPSDM, Kementerian PUPR. (2018): Modul 3. Prinsip dasar sistem teknologi BIM dan implementasinya di Indonesia.
- Rani, H. A. (2016): Manajemen proyek konstruksi, CV. Budi Utama. Yogyakarta.
- Reizgevičius, M., Ustinovičius, L., Cibulskiene, D., Kutut, V., dan Nazarko, L. (2018): Promoting sustainability through investment in Building Information Modeling (BIM) technologies: A design company perspective. *Sustainability*, 2018 (10), 600. ISSN: 2071-1050.
- Republik Indonesia (2021): Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Riley, M. dan Irizarry, J. (2020): *Construction 4.0 – an innovation platform for the built environment*. Routledge. UK and US. ISBN: 978-0-429-39810-0.
- Rumangun, M. (2009): Manajemen material pada proyek konstruksi di daerah Maluku Tenggara. Skripsi Program Studi Teknik Sipil Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 7.
- Seattle Public Utilities (2015): *Construction waste management guide for architects, designers, developers, facility managers, owners, property managers & specification writers*. Resource Venture Ltd. United States of America, 1. OCLC: 7086-9176.
- Serbanoiu, A. A dan Gradinaru, C. M. (2020): *Construction cost estimate, practical work guide*. Cluj-Napoca, Bioflux. Rumania. ISBN: 978-606-8887-90-6.
- Standar Nasional Indonesia (03-2847-2002): *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (2052:2017): *Baja tulangan beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- Succar, B. (2009): *Building information modeling maturity matrix*. Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies. ChangeAgents AEC. Australia, 10. ISBN-13: 978-1-605-66929-8.
- Tanubrata, M. (2015): Bahan-bahan konstruksi dalam konteks teknik sipil. *Jurnal Teknik Sipil*, 11 (2), 132-154. ISSN: 1411-9331.
- Wyngaard, C. J. V., Pretorius, H. C., Pretorius, L. (2011): Strategic management of the triple constraint trade-off dynamics – a polarity management approach. *Proceedings of the 2011 IEEE IEEM*, 824-828. ISBN: 978-1-4577-0739-1.