

BIM DIMENSI 6 (KEBERLANJUTAN) DALAM PENGADAAN PROYEK KONSTRUKSI

Arnoldus Jean Cornelis^{1*}, Rachmad Irwanto²

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas 17 Agustus 1945, Jakarta

*Email: arnoldus.cornelis@uta45jakarta.ac.id

Abstrak

Penerapan metode Building Information Modeling (BIM) dalam proyek konstruksi, khususnya di Indonesia, masih tergolong minim dalam mengintegrasikan perencanaan dan pelaksanaan suatu aktivitas proyek konstruksi. Bahkan, jika konsep BIM diterapkan, sebagian besar hanya bersifat formalitas dalam pemenuhan kelengkapan dokumen, tanpa diikuti dengan implementasi nyata dalam menciptakan environment kolaboratif antar disiplin kerja. Dalam penelitian ini, akan dianalisis permasalahan terkait bagaimana proses penerapan BIM dalam Dimensi Ke-6 pada siklus rantai pasok (Supply Chain Cycle) dalam pengadaan barang dan jasa. Penulisan ini merujuk pada manajemen basis pengetahuan dengan fokus pada manajemen waktu, yang mengacu pada berbagai referensi seperti PMBOK, jurnal ilmiah, BIM KEMENPUPR, serta hasil penelitian relevan lainnya melalui tinjauan pustaka. Metode penelitian yang digunakan adalah Fault Tree Analysis (FTA) guna menjawab permasalahan yang telah dikemukakan. Hasil penelitian ini mencakup kesimpulan utama yang akan dijabarkan dalam tiga poin utama. Dalam teknik analisis yang mengidentifikasi kegagalan sistem, kegagalan didefinisikan sebagai keterlambatan dalam proses kerja. Pendekatan Top-Down Analysis digunakan sebagai kerangka kerja awal untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan keterlambatan kerja ke dalam Top Events, yang selanjutnya divisualisasikan dalam diagram FTA, dimulai dari Top Events hingga ke Basic Events yang paling mendasar.

Kata kunci: BIM Dimensi 6, Keberlanjutan, Pengadaan Proyek Konstruksi, Fault Tree Analysis, Efisiensi Proyek.

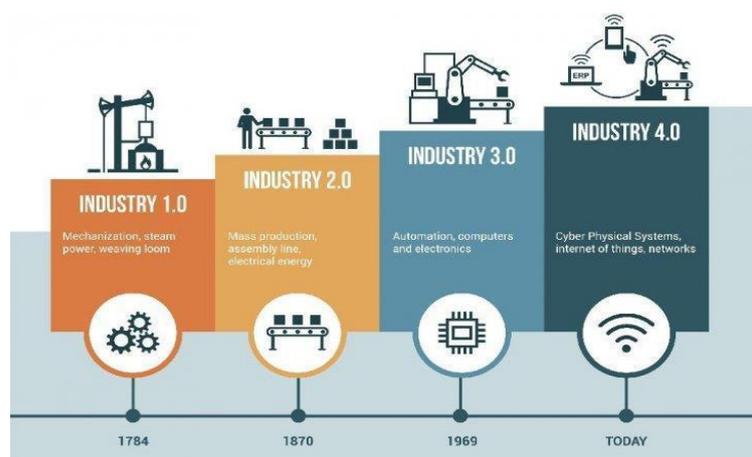
Abstract

The application of Building Information Modeling (BIM) in construction projects, particularly in Indonesia, remains limited in integrating the planning and execution of construction activities. Even when the BIM concept is adopted, it is often merely a formality for fulfilling documentation requirements, without actual implementation in fostering a collaborative environment across disciplines. This study analyzes the challenges associated with BIM implementation in the Sixth Dimension within the supply chain cycle of goods and services procurement. The research is based on a knowledge management approach with a focus on time management, referencing various sources such as PMBOK, scientific journals, BIM guidelines from the Indonesian Ministry of Public Works and Housing (KEMENPUPR), and other relevant studies through a literature review. The research methodology employed is Fault Tree Analysis (FTA) to address the identified issues. The findings of this study are presented in three main conclusions. In the analytical technique used to identify system failures, failure is defined as delays in work processes. The Top-Down Analysis approach is used as an initial framework to identify and categorize work delays into Top Events, which are subsequently visualized in an FTA diagram, starting from the Top Events down to the most fundamental Basic Events.

Keywords: 6D BIM, Sustainability, Construction Project Procurement, Fault Tree Analysis, Project Efficiency.

1. PENDAHULUAN

Di era industri 4.0, khususnya dalam rantai pasok industri konstruksi, perencanaan suatu kegiatan konstruksi harus dapat bergerak dengan cepat, tepat, dan berkelanjutan. Berdasarkan tuntutan tersebut, para pelaku di dunia konstruksi dituntut untuk mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi dalam upaya digitalisasi setiap aktivitas perencanaan yang berlangsung. Hal ini bertujuan untuk menciptakan ekosistem kegiatan yang terstruktur dengan baik serta terdokumentasi secara sistematis, sehingga dapat digunakan kembali di masa mendatang, baik sebagai referensi dalam menangani permasalahan proyek serupa, pengembangan lebih lanjut, maupun sebagai cetak biru atau *As Built Maintenance* dari produk konstruksi itu sendiri. Industri 4.0 merupakan transformasi menyeluruh terhadap seluruh aspek produksi dalam industri melalui integrasi teknologi digital dan internet dengan industri konvensional (Herman dkk., 2015).



Gambar 1.1. Perkembangan Revolusi Industri

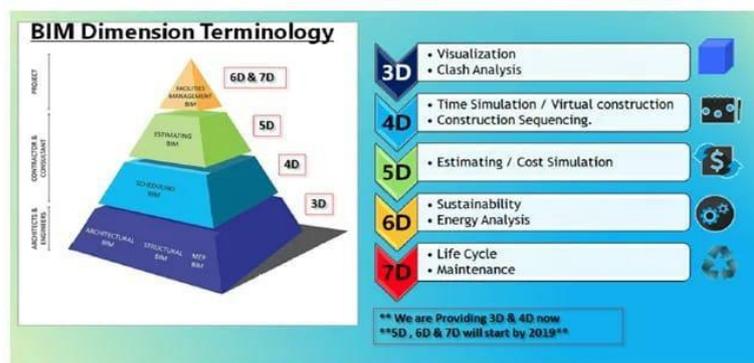
Salah satu kegiatan yang dapat diterapkan dalam menjaga kualitas yang terintegrasi adalah penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM) sebagai solusi alternatif saat ini untuk mengintegrasikan setiap lingkup pekerjaan dengan tujuan utama mengurangi pemborosan serta meningkatkan kinerja berdasarkan data informasi yang dimiliki oleh masing-masing pemangku kepentingan. BIM memungkinkan integrasi informasi dari tahap pelaksanaan, periode penggunaan, hingga tahap pemeliharaan. BIM merupakan perubahan paradigma yang memberikan berbagai manfaat, tidak hanya bagi mereka yang bergerak di bidang konstruksi bangunan, tetapi juga bagi masyarakat luas. Kegiatan yang lebih baik dalam konteks ini adalah kegiatan bisnis yang dalam proses pelaksanaannya menggunakan energi secara efisien, baik dalam aspek tenaga kerja maupun modal (Eastman et al., 2008).

Pada dasarnya, BIM merupakan platform digital yang bertujuan untuk mengonseptualisasikan suatu gagasan ke dalam suatu aktivitas dalam ruang virtual. Dalam penerapan model BIM, seluruh informasi kegiatan dalam pekerjaan harus dapat dimasukkan sehingga berfungsi sebagai alat kolaborasi, prediksi, serta pengambilan keputusan terkait desain, konstruksi, anggaran biaya, dan tahap pemeliharaan.

Perkembangan digitalisasi teknologi informasi telah menantang konsep kerja tradisional serta mendorong perubahan modernisasi, khususnya dalam pengelolaan data informasi di bidang *E-Business* dan *Building Information Modeling* (BIM). Nederveen dan Tolman (1992) dalam sebuah makalah memperkenalkan serta menunjukkan pertama kali istilah *Building Information Modeling*, meskipun *Building Information Modeling* (BIM) sendiri baru mulai populer sekitar satu dekade kemudian. Secara perlahan tetapi progresif, perkembangan teknologi menuju integrasi dalam proses konstruksi menunjukkan prospek keuntungan yang potensial untuk dikembangkan.

Berbagai platform digital dan aplikasi perangkat lunak yang tersedia saat ini telah meningkatkan efektivitas dalam kolaborasi, manajemen informasi, dan berbagi informasi, yang memungkinkan komunikasi dalam rantai pasok menjadi lebih efisien. Hal ini berdampak pada peningkatan efisiensi proses dan kemampuan manajemen proyek dalam memanfaatkan informasi sepanjang siklus hidup proyek, sehingga menciptakan lingkungan berbasis informasi yang lebih efektif.

Dalam mempertimbangkan permasalahan rantai pasok dalam pengadaan, terutama pada proyek konstruksi, pendekatan BIM sangat mendukung dalam proses kegiatan *E-Procurement*. Hipotesis yang mendasari kerangka kerja yang diusulkan adalah bahwa solusi berbasis BIM dapat mengurangi dampak negatif fragmentasi dalam siklus hidup proyek konstruksi dengan mengintegrasikan informasi di seluruh proses pengadaan.



Gambar 1.2. Terminologi dan Dimensi BIM

Penelitian ini membahas penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam *E-Procurement* untuk meningkatkan efisiensi rantai pasok di industri konstruksi. BIM berperan dalam mengintegrasikan informasi proyek guna mengurangi pemborosan, meningkatkan kinerja, serta mendukung keberlanjutan dalam proses pengadaan barang dan jasa (Eastman, C., dkk., 2011).

Validasi model *E-Procurement* berbasis BIM dilakukan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), yang menganalisis potensi kegagalan sistem secara deduktif. Studi ini berfokus pada identifikasi faktor keterlambatan proyek serta pengaruh dukungan organisasi terhadap implementasi BIM dalam pengadaan proyek konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

Penerapan metodologi Penelitian secara kuantitatif digunakan sebagai acuan awal metode berdasarkan data dan informasi yang telah dikumpulkan dari kuesioner responden, kemudian penerapan metode analisis statistik dengan pendekatan korelasi digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel independen, yaitu faktor risiko (X) dan variabel dependen, yaitu kinerja waktu pelaksanaan (Y). Analisis data statistik dilakukan menggunakan aplikasi SPSS 25 dengan memasukkan matriks data variabel X berdasarkan frekuensi dan pengaruh/dampak faktor risiko, serta variabel Y sesuai dengan jumlah responden.

Variabel yang dihasilkan dari uji regresi kemudian diuji normalitas untuk mengetahui apakah variabel independen dan dependen memiliki distribusi normal. Dalam program SPSS, pengolahan data dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, dengan hasil yang menunjukkan bahwa data berdistribusi normal jika nilai signifikansi $> 0,05$.

Selanjutnya, dilakukan uji multikolinearitas, yang termasuk dalam uji asumsi umum pada analisis regresi linier berganda. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antar variabel independen. Hasil uji multikolinearitas dapat diterima jika nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) < 10 dan nilai *Tolerance* $> 0,1$ dalam program SPSS. Dengan ketentuan ini, data penelitian dalam model regresi dapat diterima dan tidak terjadi multikolinearitas.

Terakhir, dilakukan uji linearitas untuk menentukan apakah variabel dependen dan independen memiliki hubungan linier yang signifikan atau tidak. Hubungan linier dapat diterima jika pada tabel ANOVA model regresi linier, nilai signifikansi $> 0,05$ berdasarkan hasil pemrosesan SPSS. Sebaliknya, jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka tidak terdapat hubungan linier antara kedua variabel tersebut.

Berdasarkan hasil dari uji statistik terhadap permasalahan yang terjadi pada siklus pengadaan proyek konstruksi, berdasarkan kuesioner yang direspon oleh pelaku dibidang pengadaan; Maka tingkat permasalahan yang umum terjadi dapat disusun dan diklasifikasikan menurut dampak yang terjadi dengan menerapkan analisis FTA (*Fault Tree Analysis*), berupa diagram disusun berdasarkan tingkat kegagalan yang sering terjadi hingga dampak yang paling mempengaruhi kegagalan siklus pengadaan barang/jasa di proyek konstruksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur yang mencakup jurnal, artikel, penelitian terdahulu, serta permasalahan yang umumnya terjadi berdasarkan tanggapan responden, diperoleh 22 variabel yang terbagi ke dalam tiga faktor risiko dalam siklus pengadaan barang/jasa yang berpengaruh terhadap kinerja waktu pelaksanaan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Jumlah Variabel

No.	Factor	Number of Variables
1	Perencanaan Kegiatan Pengadaan Barang dan Jasa	8
2	Logistik & Metode Penanganan Kegiatan Pengadaan	8
3	Manajemen Siklus Pengadaan Barang dan Jasa	6
Total Variables		22

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti, 2024

Berdasarkan hasil observasi terhadap faktor dan variabel yang telah diperoleh, dilakukan validasi kepada para praktisi yang memiliki keahlian sesuai dengan bidang dan topik penelitian ini. Observasi dalam penelitian ini dapat didefinisikan sebagai upaya sistematis dalam menentukan standar yang sesuai dengan tujuan dan sasaran kegiatan, merancang sistem informasi data, membandingkan implementasi siklus kegiatan dengan peraturan yang berlaku, serta melakukan pemeriksaan ulang agar sumber daya yang digunakan dalam kegiatan dapat dimanfaatkan secara optimal, efisien, dan berkelanjutan. Hal ini bertujuan untuk mencapai target efisiensi dan keberlanjutan dalam siklus pengadaan barang dan jasa. Tujuan utama dari observasi ini adalah memastikan bahwa produk yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi yang telah disepakati dalam kontrak, serta menghindari penyimpangan atau kesalahan sekecil mungkin, terutama dalam kegiatan yang bersifat berulang. Faktor-faktor yang dianalisis mencakup variabel-variabel yang telah diidentifikasi, yang kemudian didistribusikan kepada para praktisi dalam bentuk kuesioner. Responden diminta untuk menjawab dengan pilihan setuju atau tidak setuju, serta mengevaluasi apakah variabel risiko yang ada berpengaruh terhadap kinerja pelaksanaan siklus pengadaan barang/jasa, sebagaimana tercantum dalam tabel kuesioner pada Lampiran 1.

Profil responden yang terdiri dari praktisi/ahli di bidang yang sesuai dengan topik penelitian ini disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Indeks Profil Responden Praktisi

No.	Praktisi	Jabatan	Instansi/ Lembaga	Pengalaman Praktisi (Tahun)	Pendidikan
1	Praktisi 1	Manajer Pengadaan	Perusahaan Swasta	>5 tahun	S1-S2
2	Praktisi 2	Pemilik Bisnis	Pemilik bisnis bidang pengadaan	>5 tahun	S1-S2
3	Praktisi 3	Pemilik Bisnis	Pemilik bisnis bidang Logistik & Ekspedisi pengiriman	>5 tahun	S1
4	Praktisi 4	Tenaga Ahli	Konsultan Rantai Pasok dan Dosen Pengajar Perguruan Tinggi	>5 tahun	S2
5	Praktisi 5	Tenaga Ahli	LKPP (Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/ Jasa Pemerintah)	>5 tahun	S2

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti, 2024

Dari 24 variabel yang telah divalidasi oleh praktisi ahli, 3 dari 5 praktisi ahli menyatakan bahwa terdapat variabel yang tidak relevan atau tidak berpengaruh terhadap kinerja waktu pelaksanaan, yaitu variabel dengan kode X20 (kondisi keuangan penyedia barang/jasa) dan X24 (pencurian Hak Kekayaan Intelektual). Setelah validasi variabel risiko dilakukan oleh praktisi ahli, selanjutnya dilakukan survei awal dengan mendistribusikan kuesioner kepada calon responden yang memiliki pengalaman sesuai dengan topik penelitian ini. Permasalahan penelitian kedua

mengenai faktor risiko dan variabel apa saja yang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kinerja waktu dalam Siklus Pengadaan Barang dan Jasa dianalisis berdasarkan 22 variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) yang diperoleh dari hasil jawaban kuesioner yang telah dibagikan kepada responden. Analisis data statistik untuk uji validitas diawali dengan menetapkan nilai r tabel = $n - 2$, yang diperoleh dari tabel *product moment* pada tingkat signifikansi 0,05, dengan n adalah jumlah responden, yaitu 62 responden. Berdasarkan tabel tersebut, diperoleh nilai r tabel sebesar 0,254. Dari 24 variabel yang diuji validitasnya menggunakan program SPSS, pada skala tingkat frekuensi variabel risiko, 22 variabel lolos uji validitas, sedangkan pada skala tingkat pengaruh atau dampak variabel risiko, 22 variabel juga lolos uji validitas.

Untuk memenuhi persyaratan statistik dalam analisis regresi linier, peneliti melakukan uji asumsi klasik, yang akan dijelaskan sebagai berikut:

3.1 Uji Normalitas

Uji ini dilakukan menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Adapun ketentuan dalam uji normalitas adalah sebagai berikut:

- a) Jika nilai Sig > 0,05, maka data berdistribusi normal.
- b) Jika nilai Sig < 0,05, maka data tidak berdistribusi normal.

**Gambar 3.1. Hasil Uji Normalitas Frekuensi (X) Risiko
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Total Faktor X
N		62
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	74.8710
	Std. Deviation	11.73685
Most Extreme Differences	Absolute	.079
	Positive	.079
	Negative	-.058
Test Statistic		.079
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Keterangan *):

- a. Distribusi uji adalah Normal.
- b. Dihitung dari data.
- c. Koreksi Signifikansi Lilliefors.
- d. Ini merupakan batas bawah dari signifikansi yang sebenarnya.

**Gambar 3.2. Hasil Uji Normalitas Pengaruh/Dampak (Y) Risiko
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		<u>Total DAMPAK Y</u>
N		62
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	83.6129
	Std. Deviation	14.68283
Most Extreme Differences	Absolute	.086
	Positive	.070
	Negative	-.086
Test Statistic		.086
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

Keterangan *):

- a. Distribusi uji adalah Normal.
- b. Dihitung dari data.
- c. Koreksi Signifikansi Lilliefors.
- d. Ini merupakan batas bawah dari signifikansi yang sebenarnya.

3.2 Uji Multikolinearitas

Dalam uji multikolinearitas, analisis dilakukan berdasarkan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) dan nilai toleransi yang dihasilkan. Adapun ketentuannya adalah sebagai berikut:
Jika nilai VIF < 10 dan nilai toleransi > 0,1, maka tidak terdapat multikolinearitas antara variabel independen dalam model regresi.

Hasil pengujian multikolinearitas dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**Gambar 3.3. Hasil Uji Multikolinearitas Frekuensi (X) Risiko
Coefficients^a**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	27,550	7,839		3,515	0,001		
	PERENCANAAN_X8	7,445	1,996	0,418	3,731	0,000	0,708	1,412
	MAN.SIKLUS_X22	5,575	2,088	0,297	2,669	0,010	0,717	1,394
	PERENCANAAN_X3	3,478	1,373	0,241	2,533	0,014	0,985	1,016

a. Dependent Variable: Total_DAMPAK_Y

Gambar 3.4. Hasil Uji Multikolinearitas Pengaruh/Dampak (Y) Risiko

Model		Coefficients ^a					Collinearity Statistics	
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Tolerance	VIF
B	Std. Error	Beta						
1 (Constant)	34,761	5,404		6,433	0,000			
MAN.SIKLUS_Y22	5,934	1,361	0,444	4,360	0,000	0,826	1,210	
PERENCANAAN_Y6	4,735	1,237	0,390	3,827	0,000	0,826	1,210	

a. Dependent Variable: Total_Faktor_X

Sumber: Data Uji yang Diproses dengan SPSS 25

Dari tabel 4.31 dan 4.32 dapat dilihat bahwa semua variabel memiliki nilai VIF < 10 dan nilai toleransi > 0.1. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas antara variabel independen dalam model regresi pada penelitian ini.

3.3 Uji Heteroskedastisitas

Metode yang digunakan untuk melakukan uji heteroskedastisitas dalam penelitian ini adalah uji Glejser. Jika probabilitas dari setiap variabel independen > 0.05, maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat heteroskedastisitas dalam model regresi.

Gambar 3.5. Hasil Uji Heteroskedastisitas

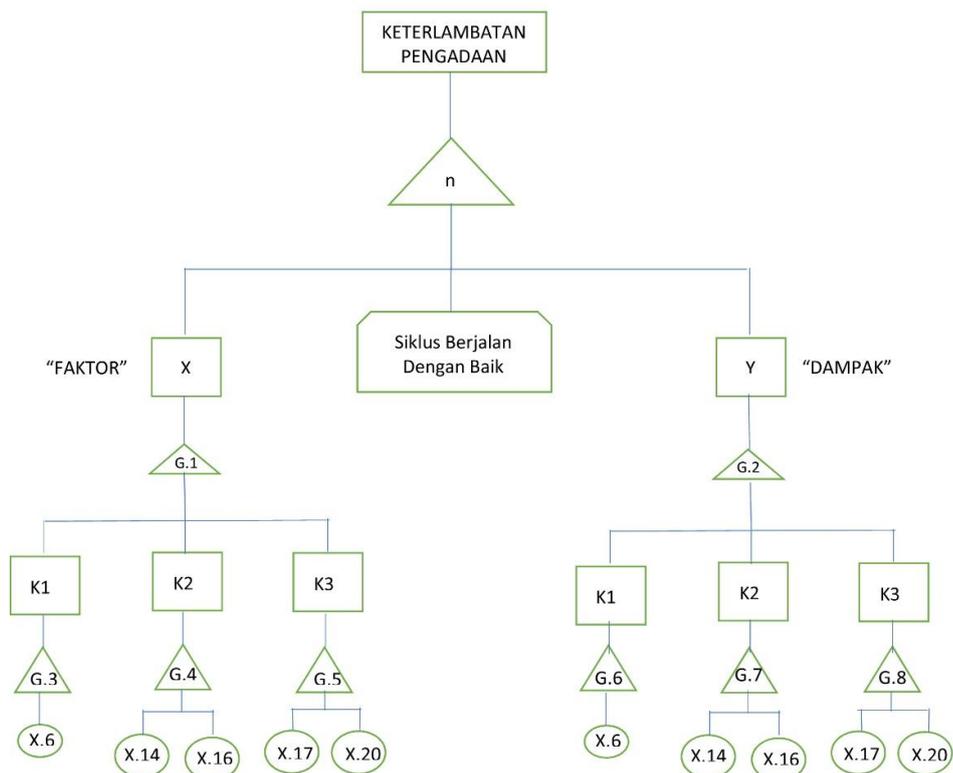
Model		Coefficients ^a				
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
B	Std. Error	Beta				
1 (Constant)	23,614	4,102		5,757	0,000	
PERENCANAAN_X6	-2,469	1,054	-0,287	-2,342	0,056	
LOGISTIK_X11	-1,992	0,926	-0,263	-2,150	0,076	

a. Dependent Variable: abs_res1

Sumber: Data Uji yang Diproses dengan SPSS 25

3.4 Penyajian Diagram FTA (Fault Tree Analysis)

Penyusunan Diagram FTA dalam menentukan tingkat kegagalan penyebab terhadap dampak yang terjadi, dilakukan setelah didapatkan data responden pelaku dibidang pengadaan dan setelah dilaksanakan uji validitas menggunakan teknik statistik dengan bantuan aplikasi SPSS Versi 25. Selanjutnya data hasil uji statistik tersebut diinput kembali ke diagram FTA menggunakan bantuan aplikasi FaultTree+ dalam menguji kembali keandalan data hasil uji statistik menjadi secara deduktif ke dalam tabel FTA, dimana menjelaskan variabel permasalahan dari umum ke khusus mulai *mindset* permasalahan puncak hingga turunan penyebab masalahnya.



Gambar 3.6. Diagram Hasil Pengolahan FTA

Sumber: Data Uji yang Diproses dengan FaultTree+

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa Penerapan BIM Dimensi 6 dapat berperan penting dalam mendukung keberlanjutan, khususnya dalam pengadaan proyek konstruksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa keterlambatan dalam siklus pengadaan barang dan jasa dipengaruhi oleh lima variabel utama, yaitu "X.6 Korelasi Y.6" pemilihan vendor penyedia barang dan jasa, "X.14 Korelasi Y.14" dokumentasi dan pengarsipan serah terima produk, "X.16 Korelasi Y.16" pemilihan vendor logistik, "X.17 Korelasi Y.17" kualitas tim dalam kinerja pengadaan, serta manajemen sumber daya manusia. "X.20 Korelasi Y.20" Peningkatan pada variabel-variabel tersebut berkontribusi signifikan terhadap risiko biaya, kualitas, dan kinerja waktu dalam proses pengadaan. Berdasarkan hasil akhir analisis mengenai penyebab keterlambatan disimpulkan bahwa terdapat lima variabel faktor utama yang menyebabkan keterlambatan tertinggi berdasarkan skala frekuensi dampak atau pengaruh risiko terhadap siklus pengadaan barang atau jasa, baik dari segi biaya, kualitas, maupun kinerja waktu. Secara signifikan, terdapat peningkatan pada kelima variabel tersebut yang dapat meningkatkan risiko dalam pelaksanaan siklus pengadaan barang dan jasa.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini berkaitan dengan penggunaan BIM dalam siklus pengadaan barang dan jasa, khususnya pada kategori eksternal (terkait vendor). Salah satu aspek penting adalah perencanaan aktivitas dalam pemilihan vendor penyedia barang atau jasa pada tahapan proses *Bidding*, dengan memberikan klausul tambahan pada kontrak proyek konstruksi mengenai Penerapan penggunaan BIM dalam pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi yang bersifat "wajib" untuk dilaksanakan dan diterapkan dengan melampirkan Bukti Sertifikasi Pekerja yang berkompeten dibidang BIM; Sebagai yang bertanggung jawab atas pemodelan BIM yang terintegrasi antar disiplin pekerjaan dalam proyek konstruksi. Kehadiran konsep BIM diharapkan dapat membantu praktisi dibidang pengadaan khususnya proyek konstruksi dalam memilih penyedia layanan yang tepat dan berkompetensi.

Penerapan konsep BIM dalam siklus pengadaan mencakup keterlibatan pihak eksternal, seperti tim pengadaan dengan pemasok/manufaktur dan logistik pengiriman, baik dalam mekanisme keterlibatan, metode pengadaan yang diterapkan, kriteria seleksi, jenis kontrak yang

digunakan, pemanfaatan produk, tipe pengguna produk, maupun lingkup pekerjaan. Sebagai contoh, penerapan kontrak *best value* atau *cost-plus-fee* cenderung meningkatkan tingkat adopsi BIM yang lebih tinggi, sehingga solusi untuk permasalahan pemilihan vendor dalam pengadaan barang dan jasa dapat menjadi lebih efektif dan efisien melalui penerapan konsep BIM.

5. DAFTAR PUSTAKA

Herman, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Technische Universität Dortmund, Dortmund.

Project Management Institute. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide, Sixth Edition). Project Management Institute, Newton Square, PA.

Nederveen, G. A., & Tolman, F. P. (1992). Building Information Modeling. 1st ed. Elsevier, Amsterdam.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd ed. Wiley, Hoboken.

Wala, M. (2013). Penilaian Kinerja Konsultan Perencana Bangunan Dengan Metode Analytic Hierarchy Process. Tesis, Program Pascasarjana S2 Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Nurhafni. (2018). Pelaksanaan Perizinan Terpadu Satu Pintu di Bidang Pembangunan Perumahan (Studi Kota Mataram). Tesis, Fakultas Hukum, Universitas Mataram, Mataram.

John Wiley & Sons, Inc. (2011). BIM Handbook Second Edition (A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors).

Mahirudin Nur Z, M. (2010). Studi Kualitas Dokumen Desain dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya Menurut Konsultan Perencana Pada Proyek Konstruksi di Surakarta. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Knowles, G. (2011). Quality Management. Bookboon.

Ishikawa, D. K. (1976). Guide to Quality Control. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan.

Mustika, A. F. (2014). Analisa Keterlambatan Proyek Menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Program Studi Teknik Industri Tahap II Universitas Brawijaya Malang). Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Hutama, L. (2018). Evaluasi Standar Kompetensi Arsitek Menggunakan Analisa Risiko Berbasis PMBOK (Studi Kasus PT. ENV). Tesis, Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Rahman, G. S., & Budiman, H. (2019). Kualitas Pelayanan Izin Mendirikan Bangunan (IMB) di Dinas Penanaman Modal Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) Kabupaten Ciamis. Tesis, Program Pascasarjana Administrasi Publik, FISIP, Universitas Padjadjaran, Bandung.

Diputra, I. G. (2018). Sistem Penilaian Kinerja Konsultan Perencana dalam Menangani Proyek Perencanaan Bangunan Gedung. Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.