

Analisis Faktor Pengaruh Implementasi *Digital Twins* pada Proyek Konstruksi di Kota Surabaya

Wanda Ardhani Sulisty¹⁾, Michella Beatrix²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No.45,
Menur Pumpungan, Kec, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118^{1,2)}
wandaardhani03@gmail.com¹

ABSTRAK

Digital Twins adalah teknologi canggih yang telah mengubah industri dengan meniru hampir semua aspek barang, proses, atau layanan. Teknologi ini dapat mereplikasi semua yang ada di dunia fisik ke dunia digital. Teknologi *Digital Twins* (DT) mendeteksi dan memecahkan masalah fisik dengan cepat, merancang dan membangun produk yang lebih baik, serta merealisasikan nilai dan keuntungan lebih cepat dari sebelumnya. Model *Digital Twins* dapat digambarkan dalam dunia virtual dalam empat dimensi: geometri, fisika, perilaku, dan aturan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan *Digital Twins* di Kota Surabaya. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dengan menggunakan metode statistik regresi linier berganda untuk menganalisis beberapa variabel independen dan dependen yang berkaitan dengan *Digital Twins*. Data yang digunakan dalam pengolahan adalah kuesioner yang disebarkan kepada responden, konsultan, dan kontraktor seperti *project manager*, *site engineer*, dan *site manager* di Kota Surabaya. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa 17% terdapat faktor pengaruh yang mempengaruhi penerapan *Digital Twins*.

Kata Kunci

Digital Twins; Proyek Konstruksi; Faktor Pengaruh

Digital Twins is an advanced technology that has transformed industries by mirroring almost every aspect of goods, processes, or services. It can replicate everything in the physical world to the digital world. Digital Twins (DT) technology detects and solves physical problems quickly, designs and builds better products, and realizes value and profits faster than ever before. The Digital Twins model can be described in the virtual world in four dimensions: geometry, physics, behavior, and rules. Therefore, this study aims to analyze the application of Digital Twins in Surabaya City. This study uses quantitative data using multiple linear regression statistical methods to analyze several independent and dependent variables related to Digital Twins. The data used in processing is questionnaires distributed to respondents, consultants, and contractors such as project managers, site engineers, and site managers in Surabaya City. From the results of the study, it was found that 17 factors that influence the implementation of Digital Twins.

Keywords

Digital Twins; Construction Project; Influence Factor

PENDAHULUAN

Digital Twins merupakan replika virtual dari aset, proses, sistem, atau layanan fisik yang merepresentasikan properti seperti geometri aset, kondisi seperti status sumber daya, dan kinerja proyek. Sinkronisasi data antara representasi virtual dan aset fisik adalah inti teknologi *Digital Twins* (Camposano, et., al., 2021). Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan sinkronisasi data *real-time* antara *Digital Twins* dan aset fisik. Ini memungkinkan pemantauan dan analisis data secara kontinu sepanjang siklus hidup aset, sehingga memungkinkan pemeliharaan proaktif, pengembangan peluang baru, dan perencanaan operasi masa depan (Ammar, et., al., 2022).

Teknologi *Digital Twins* telah mengubah industri dengan mencerminkan hampir semua aspek barang, proses, atau layanan. *Digital Twins* memiliki kemampuan untuk mereplikasi segala sesuatu di dunia fisik ke dunia digital dan memberikan umpan balik kepada insinyur dari dunia virtual ass (Assidiq, 2023). Perusahaan dapat menggunakan teknologi ini untuk mendeteksi dan memecahkan masalah fisik dengan cepat, merancang produk yang lebih baik, dan mewujudkan nilai dan keuntungan lebih cepat daripada sebelumnya (Fu et al., 2022; Qi et al., 2021).

Model *Digital Twins* dapat digambarkan dalam empat dimensi: geometri, fisika, perilaku, dan aturan (Susilo, 2020). Model geometri menunjukkan bentuk dan hubungan perakitan entitas; model fisika menunjukkan sifat, karakteristik, dan batasan entitas; dan model perilaku menunjukkan bagaimana entitas fisik bertindak dinamis terhadap mekanisme internal dan eksternal. Aturan model dapat menggabungkan data historis dan menggunakan pengetahuan diam-diam, membuat model lebih cerdas (Tao, et., al., 2022).

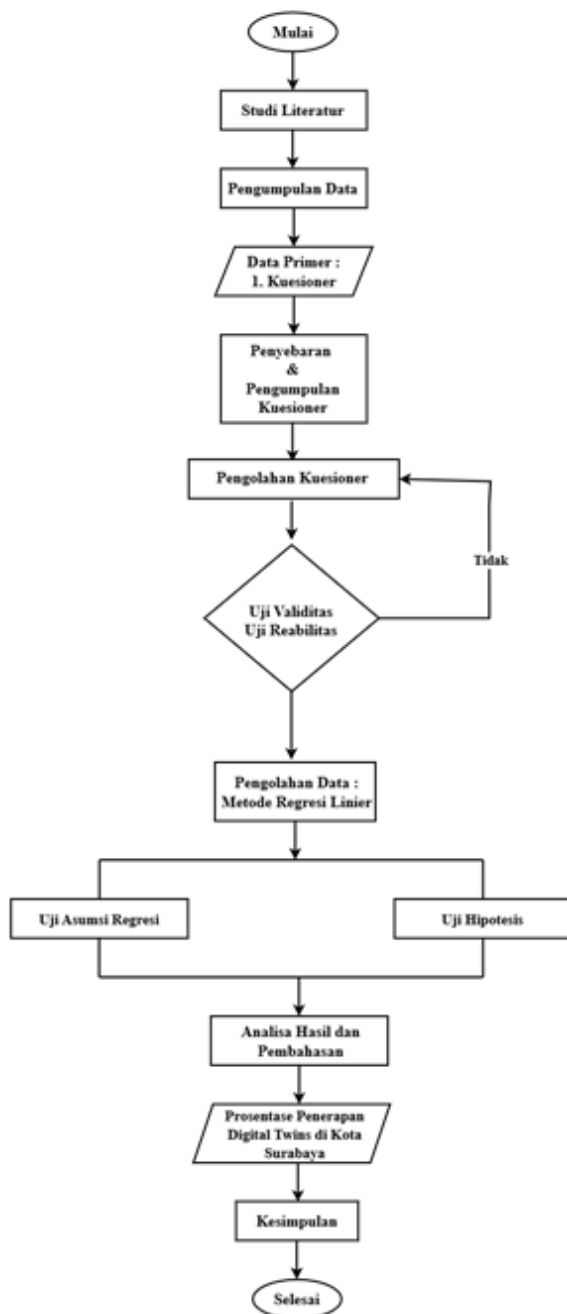
Implementasi *Digital Twins* dalam Industri:

- **Otomatisasi Manufaktur:** *Digital Twins* digunakan untuk mengontrol bagian *cyber-physics* selama proses manufaktur tingkat lanjut, meningkatkan fleksibilitas otomatis (Martínez-Olvera, 2022).
- **Proses Komisioning Virtual:** Penggunaan *Digital Twins* memungkinkan pemindaan dan pengujian sistem kontrol dan otomasi dalam ruang virtual sebelum digunakan di dunia nyata, mengurangi waktu dan biaya komisioning serta meningkatkan kinerja dan konsistensi system (Soori, et., al., 2023).

Meskipun *Digital Twins* memiliki potensi besar, implementasinya di Indonesia masih terbatas karena beberapa tantangan seperti ketersediaan infrastruktur, biaya investasi yang tinggi, penerimaan industri, kualitas data, dan ketersediaan tenaga ahli (Baladraf, 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas permasalahan mengenai faktor pengaruh penerapan *digital twins*. Data ini diperoleh dari perusahaan konsultan dan kontraktor sebanyak 92 data. Setelah didapatkan data dari perusahaan konsultan dan kontraktor, maka data akan diolah dengan menggunakan *software SPSS* lalu dilakukannya uji validitas, reliabilitas, normalitas, linieritas, heteroskedastisitas, dan juga uji regresi linear sederhana. Gambar di bawah menunjukkan langkah *research* yang dilakukan:



Gambar 1. Diagram *Flowchart*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk meneliti penggunaan *Digital Twins* di Kota Surabaya oleh kontraktor dan konsultan. Langkah-langkah penelitian mencakup studi literatur tentang konsep *Digital Twins* dan aplikasinya dalam konstruksi di Surabaya, identifikasi faktor yang mempengaruhi penggunaannya, pengembangan kuesioner, pengumpulan data melalui kuesioner *online* atau *offline*, analisis data menggunakan regresi linear sederhana, serta uji validitas dan reliabilitas. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memberikan kerangka kerja bagi pengembangan infrastruktur dan inovasi di Kota Surabaya.

a. Uji Validitas

Uji validitas untuk variabel X dan Y telah dilakukan dengan teliti, dan hasilnya menunjukkan bahwa semua indikator yang tersisa setelah penghapusan data yang tidak valid memenuhi kriteria validitas yang telah ditentukan.

Tabel 1. Uji Validitas Variabel X

Kode	Indikator Pernyataan	R Hitung	R Tabel	Keterangan
X1	Peningkatan Efisiensi Operasional	0,4736	0,308	Valid
X2	Biaya	0,4374	0,308	Valid
X3	Ketersediaan Tenaga Ahli	0,5959	0,308	Valid
X4	Kesadaran dan Penerimaan Pasar	0,6655	0,308	Valid
X5	Kompleksitas Sistem	0,5791	0,308	Valid
X6	Keamanan Data	0,3502	0,308	Valid
X7	Ketersediaan Infrastruktur	0,6010	0,308	Valid
X8	Dukungan Manajemen	0,5321	0,308	Valid
X9	Kesesuaian Desain	0,4825	0,308	Valid
X10	Kinerja Bangunan	0,4948	0,308	Valid
X11	<i>Machine Learning</i>	0,5400	0,308	Valid

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Tabel 2. Uji Validitas Variabel Y

Kode	Indikator Pernyataan	R Hitung	R Tabel	Keterangan
Y1	Kemampuan Prediktif	0,317	0,308	Valid
Y2	Regulasi dan Standarisasi	0,847	0,308	Valid
Y3	Pengalaman Pengguna	0,799	0,308	Valid
Y4	Pengawasan <i>real-time</i>	0,700	0,308	Valid
Y5	Kualitas Pekerja	0,777	0,308	Valid

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Pernyataan di atas menunjukkan bahwa semua indikator yang diterapkan pada penelitian ini relevan untuk mengukur aspek-aspek yang saling terkait dengan variabel X dan Y. Dengan kata lain indikator-indikator di atas dapat berfungsi sebagai alat yang efektif untuk analisis lebih lanjut dalam rangka mendapatkan informasi yang tepat dan relevan.

b. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas bertujuan untuk menunjukkan seberapa konsisten hasil pengukuran ketika diulang. Reliabilitas adalah ukuran seberapa dapat dipercayanya suatu alat ukur. Metode yang biasa digunakan adalah *Alpha Cronbach*, dengan nilai lebih dari 0,6 dianggap reliabel.

Tabel 3. Hasil Uji Reliabel Variabel X

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0,724	11

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Menurut tabel, uji reliabilitas untuk faktor pengaruh (X) menunjukkan nilai *Alpha Cronbach* senilai 0,724 menandakan reliabilitas.

Tabel 4 Hasil Uji Reliabel Variabel Y

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0,754	5

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Uji reliabilitas variabel Penerapan *Digital Twins* (Y) menunjukkan nilai *Alpha Cronbach* sebesar 0,754 menandakan reliabilitasnya.

Data yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian meliputi total dari variabel X dan total dari variabel Y. Lalu data tersebut diolah menggunakan *software SPSS*. Selanjutnya, data yang diperoleh diolah sebagai berikut:

1. Uji Normalitas

Tabel 5 Hasil Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		43
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	0,0000000
	Std. Deviation	3,28784051

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Tabel 5 Hasil Uji Normalitas (Lanjutan)

Most Extreme Differences	Absolute		0,127
	Positive		0,073
	Negative		-0,127
Test Statistic			0,127
Asymp. Sig. (2-tailed) ^c			0,080
Monte Carlo Sig. (2- tailed) ^d	Sig.		0,082
	99% Confiden ce Interval	Lower Bound	0,075
		Upper Bound	0,089

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Analisis uji normalitas menghasilkan nilai Sig. sebesar 0,082. Dengan nilai signifikan $0,082 > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya model regresi berdistribusi normal.

Dengan demikian, bisa disimpulkan data residual dari model regresi linier sederhana ini mengikuti distribusi normal. Melalui uji normalitas dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* memberikan dukungan lebih lanjut terhadap kesimpulan ini, di mana hipotesis nol diterima. Penerimaan hipotesis nol ini sangat penting dalam konteks analisis regresi, karena asumsi normalitas pada residual harus dipenuhi agar analisis dapat dilakukan dengan valid. Ketika asumsi ini terpenuhi, kita dapat yakin bahwa hasil analisis regresi yang diperoleh dapat diinterpretasikan dengan akurat dan memberikan wawasan yang relevan tentang hubungan antara variabel-variabel yang diteliti.

2. Uji Linieritas

Tabel 6. Hasil Uji Linieritas

ANOVA Table							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Penerapan Digital Twins * Faktor Pengaruh	Between Groups	(Combined)	235,145	18	13,064	1,395	0,220
		Linearity	80,500	1	80,500	8,596	0,007
		Deviation from Linearity	154,645	17	9,097	0,971	0,515
	Within Groups		224,762	24	9,365		
	Total		459,907	42			

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Dengan nilai signifikan $0,515 > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya terdapat adanya hubungan yang linier antara variabel X dan variabel Y. Uji linearitas menunjukkan X dan Y memiliki keterkaitan yang sangat erat. Walaupun terdapat beberapa penyimpangan dari pola linear yang diharapkan, intensitas penyimpangan tersebut tidak cukup untuk menolak hipotesis yang menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel ini bersifat linier. Dengan demikian, dalam konteks analisis

regresi linier sederhana, kita dapat menyimpulkan bahwa hubungan antara variabel X dan Y tetap sah dan dapat dipercaya.

3. Uji Heteroskedastisitas

Tabel 7 Hasil Uji Heteroskedastisitas

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,647	3,183		0,517	0,608
	Faktor Pengaruh	-0,032	0,082	-0,061	-0,389	0,700

Sumber: Data Olahan Peneletian, 2024

Dengan nilai signifikan $0,700 > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya model regresi tidak mengandung heteroskedastisitas. Berdasarkan hasil uji Park ini, Analisis residu tidak menunjukkan pola yang mengindikasikan adanya heteroskedastisitas. Variansi galat residual dapat dianggap konstan (homoskedastisitas), sehingga asumsi klasik regresi linier terpenuhi dan analisis dapat dilanjutkan tanpa memerlukan penyesuaian untuk masalah heteroskedastisitas.

4. Uji Regresi Linier Sederhana

Tabel 8 Hasil Regresi Linier Sederhana

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,401	3,975		1,359	0,182
	Faktor Pengaruh	0,303	0,103	0,418	2,949	0,005

Sumber: Data Olahan Penelitian, 2024

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa nilai konstanta yang diperoleh adalah 5,401 sementara nilai faktor pengaruh (koefisien regresi) adalah 0,303 yang secara matematis, hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut :

$$Y = a + bX$$

$$= 5,401 + 0,303X$$

Dalam uji regresi linier sederhana, hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Dengan nilai signifikan $0,005 < 0,05$ maka H_0 diterima, artinya variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen.

- Dengan nilai signifikan $0,005 > 0,05$ maka H_1 ditolak, artinya variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen.

Berdasarkan tabel di atas, nilai signifikansi $< 0,05$. Dengan demikian, faktor pengaruh memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penerapan *Digital Twins*.

5. Uji T

Dalam uji T, dapat dilakukan dengan membandingkan t_{hitung} dan t_{tabel} . Dengan hipotesis sebagai berikut:

- Dengan nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat pengaruh antara variabel faktor pengaruh dan variabel penerapan *Digital Twins*.
- Dengan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya terdapat pengaruh antara variabel faktor pengaruh dan variabel penerapan *Digital Twins*.

Dengan demikian, $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau $2,949 > 2,020$ maka H_0 ditolak yang artinya terdapat pengaruh antara variabel faktor pengaruh dan variabel penerapan *Digital Twins*.

KESIMPULAN

Meskipun teknologi ini memberikan berbagai keuntungan, seperti pemantauan dan analisis secara *real-time*, hasil menunjukkan bahwa pengaruh faktor-faktor yang diteliti terhadap penerapan teknologi ini hanya sebesar 17%, sedangkan 83% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diperhitungkan. Hal ini menunjukkan adanya hambatan yang signifikan dalam penerapan *Digital Twins*, termasuk kurangnya pemahaman dan pelatihan di kalangan para pemangku kepentingan. Untuk mengatasi hambatan dalam penerapan teknologi *Digital Twins*, disarankan agar pihak terkait meningkatkan upaya edukasi dan pelatihan bagi pemangku kepentingan. Hal ini dapat dilakukan melalui program pelatihan yang komprehensif dan workshop yang mendalam mengenai manfaat dan cara kerja teknologi ini. Selain itu, penting untuk melakukan analisis lebih lanjut terhadap faktor-faktor lain yang mempengaruhi penerapan teknologi agar implementasi strategi dapat lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan pendekatan ini, diharapkan pemahaman dan penerimaan terhadap *Digital Twins* dapat meningkat, sehingga memaksimalkan potensi teknologi tersebut.

REFERENSI

- Ammar, A., Nassereddine, H., AbdulBaky, N., AbouKansour, A., Tannoury, J., Urban, H., & Schranz, C. (2022). *Digital Twinss in the Construction Industry: A Perspective of Practitioners and Building Authority*. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.834671>
- Assidiq, M. Z. (2023, November 13). *Tel-U bersama MIND ID Integrasikan Digital Twins pada Sistem Manufaktur dan Teknologi*. Telkom University.

- Baladraf, T. T. (2024). Potensi Penerapan Teknologi *Digital Twins* pada Industri Pertanian dan Pangan di Indonesia: Sebuah Tinjauan Literatur. *Jurnal Teknotan*, 18(1), 21. <https://doi.org/10.24198/jt.vol18n1.4>
- Camposano, J. C., Smolander, K., & Ruippo, T. (2021). Seven Metaphors to Understand *Digital Twin*s of Built Assets. *IEEE Access*, 9, 27167–27181. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3058009>
- Fu, Y., Zhu, G., Zhu, M., & Xuan, F. (2022). *Digital Twins* for Integration of Design-Manufacturing-Maintenance: An Overview. In *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)* (Vol. 35, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s10033-022-00760-x>
- Martínez-Olvera, C. (2022). Towards the Development of a *Digital Twins* for a Sustainable Mass Customization 4.0 Environment: A Literature Review of Relevant Concepts. In *Automation* (Vol. 3, Issue 1, pp. 197–222). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/automation3010010>
- Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y., & Zhao, D. (2021). *Digital Twins* Service towards Smart Manufacturing. *Procedia CIRP*, 72, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). *Digital Twins* for smart manufacturing, A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017>
- Susilo, I. (2020). *Digital Twins Model Bidang Konstruksi*.
- Tao, F., Xiao, B., Qi, Q., Cheng, J., & Ji, P. (2022). *Digital Twins* Modeling. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 372–389.