Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi
Volume 26, Issue 01, Februari 2026, 291-299
Webite: https://ji.unbari.ac.id, E-Mail: jiubj.unbari@gmail.com
e-ISSN: 2549-4236 (Online), p-ISSN: 1411-8939 (Print), DOI: 10.33087/jiubj.v26i1.6448

Analisis *Critical Success Factors* (CSF) *Green Finance* dalam Pengembangan Infrastruktur *Smart City* di Indonesia

Davin Adriel Rawis
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti
Correspondence: davinadriel88@gmail.com

ABSTRAK
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor keberhasilan *green finance* dalam pengembangan infrastruktur *Smart City* di Indonesia. Penelitian dilakukan melalui pengolahan dan analisis data terhadap enam variabel utama, yaitu literasi publik, makroekonomi, investasi ramah lingkungan, operasional, manajemen risiko, dan regulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara simultan seluruh variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap dampak implementasi green finance pada pengembangan *Smart City* di Indonesia. Secara parsial, variabel makroekonomi, investasi ramah lingkungan, dan manajemen risiko terbukti berpengaruh signifikan terhadap dampak implementasi green finance, sedangkan variabel regulasi, literasi publik, dan operasional belum menunjukkan pengaruh yang signifikan. Investasi ramah lingkungan merupakan faktor yang paling dominan, ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi positif tertinggi dibandingkan variabel lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan investasi ramah lingkungan memiliki kontribusi paling besar dan nyata dalam mendukung keberhasilan pengembangan infrastruktur *Smart City* yang berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: *Green Finance*, *Smart City*, Investasi Ramah Lingkungan; Infrastruktur Berkelanjutan.

ABSTRACT
This study aims to analyze the Critical Success Factors of green finance in the development of Smart City infrastructure in Indonesia. The research was conducted through data processing and analysis of six main variables, namely public literacy, macroeconomic conditions, environmentally friendly investment, operations, risk management, and regulation. The results indicate that, simultaneously, all variables have a significant effect on the impact of green finance implementation on Smart City development in Indonesia. Partially, macroeconomic conditions, environmentally friendly investment, and risk management have a significant influence on the impact of green finance implementation, while regulation, public literacy, and operational factors do not show a significant effect. Environmentally friendly investment is the most dominant factor, as indicated by the highest positive regression coefficient compared to other variables. These findings highlight that increasing environmentally friendly investment provides the greatest and most tangible contribution to the successful development of sustainable Smart City infrastructure in Indonesia.

Keywords: *Green Finance, Smart City, Environmentally Friendly Investment; Sustainable Infrastructure.*

PENDAHULUAN

Dunia telah mengambil langkah berkelanjutan dalam menghadapi bencana iklim. Di pusat perkembangan dunia saat ini terdapat konsep *net-zero emission*, atau biasa disebut emisi nol. Konsep ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan emisi gas rumah kaca yang masuk dan keluar melalui atmosfer (Fankhauser et al., 2022). Sesuai dengan laporan dari IESR, Indonesia berkomitmen untuk mencapai *net-zero emission* pada tahun 2060, yang menuntut transformasi dalam berbagai sektor, terutama infrastruktur. Sektor infrastruktur dan bangunan menyumbang sekitar 34% emisi karbon dunia setiap tahunnya, sehingga menjadikannya salah satu sektor yang krusial dalam upaya agenda dekarbonisasi global. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu diterapkan investasi yang signifikan dalam praktik hijau dan berkelanjutan (Stern & Valero, 2021). Namun, pengembangan yang signifikan ini juga memerlukan pendanaan yang tepat. Dalam hal ini, *green finance* berperan sebagai instrumen kunci untuk mendukung prinsip-prinsip investasi yang sejalan dengan agenda net-zero (Zhang et al., 2023). Oleh karena itu, *green finance* semakin penting sebagai mekanisme investasi yang layak untuk melakukan transisi menuju agenda tersebut (Rahman et al., 2024).

Green finance mendukung prinsip-prinsip investasi yang berfokus pada agenda net-zero (Zhang et al., 2023). Penelitian menunjukkan *green finance* dapat mengurangi emisi CO2 dan meningkatkan efisiensi energi, yang sangat penting untuk keberlanjutan lingkungan. *Green finance*, yang mencakup instrumen seperti green bond dan green sukuk, telah menjadi fokus global untuk mendukung proyek-proyek lingkungan yang berkelanjutan. Misalnya, pada tahun 2018, Indonesia menjadi negara pertama di dunia yang menerbitkan Green Sukuk, dengan dana mencapai USD 1,25 miliar yang dialokasikan untuk proyek-proyek yang mendukung mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, *green finance* menjadi kunci sukses untuk mencapai target net zero emission.

*Smar*t city dan *green finance* terjalin dengan strategi pengurangan emisi karbon di lingkungan perkotaan yang berkelanjutan dan berteknologi hijau. Secara internasional, konsep *smart city* diakui sebagai model pembangunan inovatif yang dapat mengatasi

tantangan dan mendukung transisi ke arah keberlanjutan. Data BPS (2022) menunjukkan bahwa 56,40% penduduk Indonesia pada tahun 2022 tinggal di wilayah perkotaan, dan diproyeksikan akan meningkat menjadi 72,9 persen pada 2045. Ini menandakan bahwa konsep *smart city* dapat menjadi salah satu pendekatan yang relevan dalam pengembangan kota (Borsekova & Nijkamp, 2018). Penggunaan sistem *green finance* dalam *smart city* juga berpotensi menjadi model yang inovatif dan relevan dalam menghadapi tantangan lingkungan dan sosial perkotaan saat ini.

Akan tetapi, dalam kondisi terkini di Indonesia, realita menunjukkan bahwa akses *green finance* masih terbatas oleh faktor-faktor seperti kurangnya regulasi yang efektif dan hambatan kelembagaan (Liebman et al., 2019). Sementara pasar *green finance* Indonesia tumbuh, mencapai $6,7 miliar pada tahun 2022, pasar ini tetap kecil dan tidak mampu menyediakan pembiayaan yang dibutuhkan untuk tujuan iklim negara ini (World Economic Forum, 2023). Untuk mencapai target agenda net-zero serta transisi pengembangan *smart city*, investasi besar dalam teknologi dan infrastruktur sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dana yang signifikan. Kolaborasi BUMN dengan lembaga keuangan Prancis dalam *green finance* untuk proyek-proyek infrastruktur yang berkontribusi terhadap mitigasi dan adaptasi perubahan iklim sebesar USD 150 juta terbukti efektif dalam mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi. Hal ini menyoroti potensi Indonesia dalam memanfaatkan dukungan global, meskipun tantangan domestik masih menghambat. Oleh karena itu, diperlukan strategi terintegrasi untuk memaksimalkan manfaat *green finance* dalam pembangunan *smart city*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi critical success factors (CSF) *Green finance* yang mempengaruhi implementasi pengembangan infrastruktur *smart city* di Indonesia. Temuan faktor utama penelitian ini mencakup faktor-faktor seperti tingkat literasi publik masyarakat, kebijakan pembangunan, faktor makroekonomi, serta risiko pinjaman yang lebih rendah, yang semuanya menjadi faktor keberhasilan dalam implementasi *green finance* untuk infrastruktur *smart city*. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam kepada pembuat kebijakan, sektor swasta, dan masyarakat umum mengenai strategi dan kebijakan yang tepat untuk memaksimalkan potensi *green finance* dalam mendukung pengembangan *smart city* di Indonesia.

Tinjauan Pustaka

Green Finance

Menurut OJK, *Green finance* merupakan pembiayaan yang mendukung pembangunan berkelanjutan dengan mengintegrasikan aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG), serta menciptakan ekosistem yang mencakup kebijakan dan layanan keuangan yang sejalan dengan kepentingan ekonomi, lingkungan, dan sosial (OJK, 2024). Menurut World Bank (2024), *Green finance* merupakan pembiayaan untuk mendukung proyek-proyek yang berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan dirancang untuk menekan emisi karbon serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (IFC, 2017).

Green finance bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mendukung proyek-proyek ramah lingkungan seperti energi terbarukan dan konservasi keanekaragaman hayati (Kaur, 2023). Di samping itu, *green finance* memainkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan stabil dalam jangka panjang dengan mengintegrasikan aspek keuangan dan perlindungan lingkungan (Martin, 2023). *Green finance* juga mendorong perubahan positif dalam perilaku bisnis dan masyarakat, serta membantu negara-negara mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Aslam et al., 2024).

Smart City

Menurut Jurnal *Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning* yang didukung oleh UNECE, *Smart City* merupakan model pembangunan perkotaan konseptual yang didasarkan pada pemanfaatan modal manusia, kolektif, dan teknologi untuk peningkatan pembangunan dan kesejahteraan di aglomerasi perkotaan. Menurut *United Nations Commision on Science and Technology for Development* (2016), terdapat enam aspek utama yang berkaitan dengan *Smart City* di mana kota-kota dapat mengembangkan infrastruktur dan sistemnya berdasarkan arah yang bertujuan untuk lebih meningkatkan kemampuan kota tersebut. Enam aspek ini meliputi, *smart people, smart mobility, smart economy, smart living, smart governance, dan smart environment*.

Critical Succes Factors Green Finance

Critical Success Factors (CSF) adalah sejumlah area strategis yang paling menentukan keberhasilan suatu organisasi, proyek, atau sistem, di mana hasil yang baik pada area tersebut akan secara langsung menjamin pencapaian tujuan utama organisasi. Dalam konteks pengembangan infrastruktur *smart city* di Indonesia, pemahaman tentang *Critical Success Factors* (CSF) seperti literasi publik, regulasi, investasi ramah lingkungan, macroeconomic, dan faktor lainnya sangat kritis dan penting guna menganalisis serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan implementasi *green finance*.

METODE

Prosedur penelitian ini menggabungkan metode kualitatif melalui studi literatur, serta metode kuantitatif yang menggunakan kuesioner. Penelitian ini mengaplikasikan metode kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini akan menggunakan metode kuesioner. Data akan diajukan kepada responden dari berbagai sektor seperti Lembaga Keuangan, Pemerintah, Kontraktor,

Developer, Akademisi, dll. Selain itu, penelitian ini dilakukan dengan menganalisis indikator critical success factors melalui jurnal, buku, artikel ilmiah yang ada. Penelitian ini diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang disampaikan secara daring menggunakan *Google Form* serta secara luring kepada responden yang menjadi sasaran penelitian. Pada konteks kuisioner, salah satu instrumen yang sering digunakan sebagai skala pengukuran variabel adalah Skala Likert. Skala likert digunakan untuk mengukur dan menilai persepsi, pandangan, dan sikap seseorang terhadap suatu fenomena tertentu.

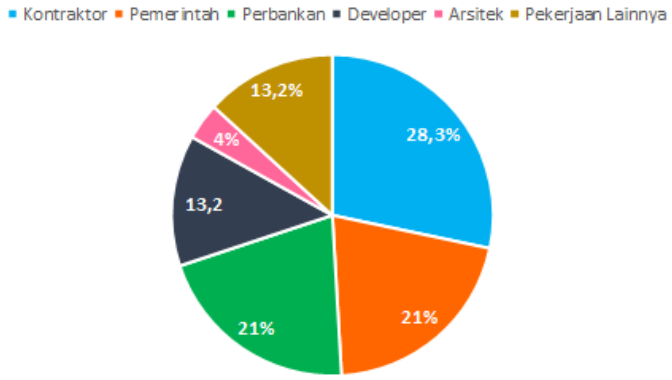
Tabel 1
Kategori dan Indikator Variabel

Kategori	Kode	Indikator
Literasi Publik (OJK, 2024)	X1.1	Memahami konsep dasar *Green Finance*
	X1.2	Manfaat jangka panjang *Green Finance* bagi pembangunan infrastruktur.
	X1.3	Sosialisasi atau edukasi mengenai *green finance* masih dirasa kurang.
	X1.4	Mendukung pemanfaatan *green finance* untuk proyek infrastruktur
	X1.5	Pemahaman akan Taksonomi untuk Keuangan Berkelanjutan di Indonesia
Macroeconomic (Akomea-Frimpong et al., 2025)	X2.1	Pemberian Insentif Fiskal (Pembebasan PPN, Pengurangan PPh) untuk investasi hijau
	X2.2	Stabilitas inflasi yang mendukung investasi hijau
	X2.3	Suku bunga yang rendah untuk proyek infrastruktur hijau
	X2.4	*Green Finance* membuat potensi pengembalian investasi yang baik untuk para investor
Investasi Ramah Lingkungan (Akomea-Frimpong et al., 2025)	X3.1	Investasi yang mengedepankan etika dan tanggung jawab
	X3.2	Kesadaran pelaku konstruksi dan pengembang terhadap tujuan *green finance*
	X3.3	Peningkatan permintaan investor terhadap *Green finance* untuk proyek infrastruktur hijau
	X3.4	Ketersediaan pembiayaan hijau dengan tenor yang panjang
	X3.5	Ketersediaan skema pembiayaan campuran Pemerintah-Swasta untuk proyek infrastruktur hijau
Operasional (Akomea-Frimpong et al., 2025)	X4.1	Skala dan Ukuran investasi Proyek Hijau
	X4.2	Komitmen Pimpinan Proyek terhadap *Green Finance*
	X4.3	Kebijakan Operasional Pembangunan dan Panduan Teknis Proyek Hijau
	X4.4	Perusahaan memprioritaskan efisiensi produksi, CSR, dan penghargaan terkait industri hijau
	X4.5	Operasional pengelolaan limbah dan emisi yang memperhatikan lingkungan
	X4.6	Kemampuan finansial para pemberi pinjaman
Manajemen Resiko (Akomea Frimpong et al., 2025)	X5.1	Memahami persepsi akan Resiko terhadap *Green Finance*
	X5.2	Upaya pemenuhan keberlanjutan dengan memaksimalkan *carbon credit* dan *carbon offset*.
	X5.3	Sistem Penilaian dan Evaluasi Resiko
Regulasi (Akomea-Frimpong et al., 2025)	X6.1	Implementasi Taksonomi Keuagan Berkelanjutan Indonesia OJK dan Roadmap Keuangan Berkelanjutan ke level proyek daerah.
	X6.2	Kolaborasi lintas sektor dalam penyusunan regulasi hijau
	X6.3	Regulasi yang mendukung insentif non-fiskal
	X6.4	Regulasi yang mendukung pengembangan Infrastruktur *Smart City*
Dampak Implementasi *Green Finance* pada *Smart City* (Yue Xu et al., 2021)	Y1.1	Seluruh Proyek *Smart City* memenuhi Taksonomi Keuangan Berkelanjutan di Indonesia
	Y1.2	Dampak Lingkungan tercapai secara signifikan dan terukur
	Y1.3	Proyek menunjukkan kelayakan finansial jangka panjang
	Y1.4	Akses pembiayaan meningkat dan resiko proyek menurun
	Y1.5	Pembangunan infrastruktur fisik *smart city* berdampak baik dalam peningkatan kualitas hidup
	Y1.6	Mendorong pertumbuhan dan aktivitas ekonomi perkotaan yang berkelanjutan

Sumber: data olahan

HASIL

Hasil data responden yang dihasilkan dari penyebaran dilakukan untuk memperoleh gambaran umum mengenai profil 53 responden yang terlibat dalam penelitian ini. Berdasarkan Gambar 1 komposisi responden juga meliputi pemangku kepentingan penting lainnya seperti pemerintah, perbankan, arsitek dan pekerjaan lainnya. Dengan demikian, profil responden yang yang beragam memberikan perspektif yang komprehensif dalam menganalisis penelitian ini.



Sumber: data olahan

Gambar 1
Karakteristik Responden

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui apakah kuesioner yang digunakan layak atau tidak. Kuesioner dinyatakan valid apabila setiap pernyataan mampu merepresentasikan variabel atau aspek yang hendak diukur. Suatu instrumen dinyatakan memenuhi uji validitas apabila nilai *r*-hitung > *r*-tabel. Dalam penelitian ini, jumlah responden sebanyak 53 orang, sehingga nilai *r*-tabel diperoleh dari derajat kebebasan (df) = N − 2 = 51 dengan tingkat signifikansi 0,05 (5%), yang menghasilkan nilai *r*-tabel sebesar 0,2706. Berdasarkan Tabel 2 seluruh butir pernyataan pada variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) memiliki nilai *r* hitung yang lebih besar daripada *r* tabel (r = 0,2706), sehingga seluruh instrumen penelitian dinyatakan valid dan telah memenuhi kriteria uji validitas serta layak digunakan dalam penelitian.

Tabel 2
Uji Validitas dan Reliabilitas

Variabel Penelitian		r-hitung	r-tabel	Uji Validitas	Cronbach's Alpha	Uji Reliabilitas
Literasi Publik (X1)	X1.1	0,497	0,2706	Valid	0,648	Reliabel
	X1.2	0,551	0,2706	Valid		
	X1.3	0,361	0,2706	Valid		
	X1.4	0,470	0,2706	Valid		
	X1.5	0,662	0,2706	Valid		
Macroeconomic (X2)	X2.1	0,777	0,2706	Valid	0,623	Reliabel
	X2.2	0,664	0,2706	Valid		
	X2.3	0,798	0,2706	Valid		
	X2.4	0,498	0,2706	Valid		
Investasi Ramah Lingkungan (X3)	X3.1	0,576	0,2706	Valid	0,716	Reliabel tinggi
	X3.2	0,606	0,2706	Valid		
	X3.3	0,639	0,2706	Valid		
	X3.4	0,450	0,2706	Valid		
	X3.5	0,620	0,2706	Valid		
Operasional (X4)	X4.1	0,700	0,2706	Valid	0,782	Reliabel tinggi
	X4.2	0,689	0,2706	Valid		
	X4.3	0,710	0,2706	Valid		
	X4.4	0,662	0,2706	Valid		
	X4.5	0,724	0,2706	Valid		
	X4.6	0,682	0,2706	Valid		
Manajemen Resiko (X5)	X5.1	0,696	0,2706	Valid	0,788	Reliabel tinggi
	X5.2	0,840	0,2706	Valid		
	X5.3	0,617	0,2706	Valid		
Regulasi (X6)	X6.1	0,686	0,2706	Valid	0,658	Reliabel
	X6.2	0,586	0,2706	Valid		
	X6.3	0,776	0,2706	Valid		
	X6.4	0,763	0,2706	Valid		
Dampak Implementasi *Green Finance* pada *Smart City* (Y1)	Y1.1	0,734	0,2706	Valid	0,776	Reliabel tinggi
	Y1.2	0,727	0,2706	Valid		
	Y1.3	0,824	0,2706	Valid		
	Y1.4	0,668	0,2706	Valid		
	Y1.5	0,552	0,2706	Valid		
	Y1.6	0,602	0,2706	Valid		

Sumber: data olahan

Uji reliabilitas dilakukan untuk menilai tingkat kestabilan dan konsistensi suatu instrumen pengukuran. Kuesioner dinyatakan reliabel apabila responden memberikan jawaban yang relatif konsisten atau tetap terhadap setiap pernyataan yang diajukan. Berdasarkan hasil uji pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa seluruh variabel (X) dan variabel (Y) dinyatakan lolos uji reliabilitas dengan nilai Cronbach's Alpha yang berada pada interval 0,70–1,00, sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen pada variabel-variabel tersebut sangat andal. Sementara itu, variabel Literasi Publik (X1), Macroeconomic (X3), dan Regulasi (X6) juga memenuhi kriteria reliabilitas, dengan nilai Cronbach's Alpha yang menunjukkan bahwa instrumen penelitian sudah layak dan dapat diandalkan.

Pada Uji Normalitas, pengambilan keputusannya bergantung pada nilai signifikansi dimana apabila hasil signifikansi melampaui angka 0,05, maka data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas. Sebaliknya, jika nilai signifikansi berada di bawah ambang 0,05, maka residu dalam model tersebut dianggap tidak mengikuti distribusi normal. Hasil Tabel 3 uji One-Sample Kolmogorov–Smirnov menunjukkan residual tidak berdistribusi normal (sig. 0,019 < 0,05), namun model regresi tetap dapat digunakan dengan menerapkan transformasi ln(X) dan exp(Y) serta metode *bootstrap* 5.000 sampel, sehingga estimasi koefisien dan pengujian hipotesis tetap valid dan robust secara statistik.

Tabel 3
Hasil Uji Normalitas

Keterangan	Nilai
N	53
Mean	0.0000000
Std. Deviation	2.15134713
Most Extreme Differences – Absolute	0.134
Most Extreme Differences – Positive	0.073
Most Extreme Differences – Negative	-0.134
Test Statistic	0.134
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.019
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	0.017
99% CI Lower Bound	0.014
99% CI Upper Bound	0.020

Sumber: data olahan

Pengujian multikolinearitas adalah untuk mendeteksi apakah terdapat hubungan linear yang kuat atau sempurna di antara variabel-variabel independen dalam suatu model regresi. Berdasarkan Tabel 4 hasil analisis multikolinearitas pada model regresi, semua variabel independen memiliki nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) < 5. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas dalam model regresi, sehingga koefisien regresi dapat dianalisis secara simultan atau secara bersamaan tanpa mengganggu validitas estimasi.

Tabel 4
Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	B	Std.Error	Beta	t	Sig	Tolerance	VIF
Constant	3.726	4.844	–	0.769	0.446	–	–
Literasi Publik (X1)	-0.151	0.257	-0.077	-0.589	0.559	0.695	1.439
Macroeconomic (X2)	0.354	0.219	0.226	1.613	0.114	0.610	1.639
Investasi Ramah Lingkungan (X3)	0.799	0.228	0.531	3.504	0.001	0.518	1.929
Operasional (X4)	-0.147	0.242	-0.128	-0.608	0.546	0.268	3.738
Manajemen Resiko (X5)	0.190	0.397	0.094	0.479	0.634	0.310	3.231
Regulasi (X6)	0.180	0.315	0.108	0.573	0.569	0.337	2.969

Sumber: data olahan

Heteroskedastisitas pada penelitian ini diuji dengan menggunakan metode *Glejser*. Uji ini dilakukan dengan meregresikan nilai absolut residual terhadap seluruh variabel independen dalam model. Berdasarkan Tabel 5 uji heteroskedastisitas Metode Glejser, model dinyatakan bebas dari heteroskedastisitas apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variabel Investasi Ramah Lingkungan (X3) memiliki nilai signifikansi 0,007 (< 0,05), yang mengindikasikan adanya gejala heteroskedastisitas. Kondisi ini menunjukkan bahwa variabel tersebut memengaruhi varians residual secara

signifikan, sehingga berpotensi menyebabkan ketidakakuratan standard error dan menghasilkan kesimpulan yang bias.

Tabel 5
Hasil Uji Heteroskedastisitas

Variabel	B	Std.Error	Beta	t	Sig
Constant	6.591	2.766	–	2.383	0.021
X1	-0.012	0.127	-0.014	-0.096	0.924
X2	-0.221	0.129	-0.278	-1.706	0.095
X3	-0.375	0.133	-0.492	-2.816	0.007
X4	0.207	0.143	0.357	1.453	0.153
X5	0.366	0.232	0.357	1.576	0.122
X6	-0.179	0.185	-0.210	-0.968	0.338

Sumber: data olahan

Mengingat ditemukannya pelanggaran asumsi normalitas dan heteroskedastisitas pada uji asumsi klasik, interpretasi hasil dan pengujian hipotesis dalam penelitian ini sepenuhnya didasarkan pada hasil regresi data yang telah ditransformasi dengan metode *bootstrap*. Metode ini digunakan karena bersifat nonparametrik, tidak bergantung pada asumsi distribusi tertentu, serta mampu menghasilkan estimasi koefisien, *standard error*, dan *confidence interval* yang lebih robust dan stabil, khususnya pada ukuran sampel yang relatif sedang, sehingga hasil pengujian menjadi lebih andal dan dapat dipercaya (Field, 2013). Transformasi variabel dilakukan untuk mengatasi sifat non-linear hubungan antara variabel independen (X) dan dampak implementasi *Green Finance* pada *smart city (*Y). Transformasi ini dilakukan dengan mengubah X menjadi ln(X) dan Y menjadi exp(Y), sehingga hubungan dapat dimodelkan secara linear dalam bentuk transformasi. Penerapan *bootstrap* pada model hasil transformasi memperkuat validitas koefisien regresi sehingga hasil analisis tetap dapat digunakan untuk pengambilan kesimpulan yang andal.

Tabel 6
Hasil Regresi dengan Metode Bootstrap

Variabel	B	Bias	Std.Error	Sig	Lower	Upper
Constant	-6.960E+13	-2.424E+12	2.353E+13	0.021	-1.130E+14	-2.885E+13
Literasi Publik	2.349E+12	5.602E+11	4.935E+12	0.660	-6.632E+12	1.390E+13
Macroeconomic	8.964E+12	-5.551E+11	3.308E+12	0.023	3.524E+12	1.359E+13
Investasi Ramah Lingkungan	9.499E+12	-4.539E+10	4.502E+12	0.055	1.434E+12	1.885E+13
Operasional	-1.553E+12	3.984E+11	5.447E+12	0.773	-1.510E+13	1.114E+13
Manajemen Resiko	8.246E+12	-1.811E+11	4.061E+12	0.059	2.337E+12	1.545E+13
Regulasi	-2.079E+12	5.465E+11	3.873E+12	0.521	-1.102E+13	9.245E+12

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 6 hasil regresi dengan pendekatan *bootstrap*, variabel Literasi Publik (X1), Operasional (X4), dan Regulasi (X6) tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap Dampak Implementasi Green Finance pada Smart City karena nilai signifikansi > 0,05 dan interval kepercayaan BCa 95% mencakup nol. Sebaliknya, variabel Makroekonomi (LNX2), Investasi Ramah Lingkungan (LNX3), dan Manajemen Risiko (LNX5) terbukti berpengaruh positif dan signifikan secara statistik, ditunjukkan oleh nilai koefisien positif dan interval kepercayaan BCa 95% yang tidak mencakup nol. Hasil ini menegaskan bahwa setelah dilakukan transformasi data dan *bootstrap*, model menjadi lebih stabil dan robust, serta mampu mengurangi bias akibat pelanggaran asumsi klasik, sehingga estimasi koefisien yang dihasilkan lebih andal dan merepresentasikan kondisi populasi secara empiris.

Uji t digunakan untuk menilai signifikansi pengaruh masing-masing variabel independen (X) terhadap variabel dependen (Y) secara parsial. Dalam penelitian ini, uji *t* berfungsi sebagai gambaran awal pengaruh parsial, namun hasilnya diposisikan sebagai referensi pembanding karena model telah melalui mitigasi pelanggaran asumsi klasik dan diperkuat dengan metode *bootstrap*. Keputusan uji *t* didasarkan pada perbandingan nilai *p-value* dengan tingkat signifikansi 5%, di mana nilai Sig. < 0,05 menunjukkan pengaruh signifikan, sedangkan Sig. ≥ 0,05 menunjukkan pengaruh tidak signifikan. Uji *t* menunjukkan bahwa sebelum transformasi data hanya Investasi Ramah Lingkungan (X3) yang berpengaruh signifikan terhadap Dampak Implementasi Green Finance pada Smart City. Setelah transformasi (ln(X) dan exp(Y)), variabel Makroekonomi (LNX2) dan Investasi Ramah Lingkungan (LNX3) signifikan pada taraf 5%, serta Manajemen Risiko (LNX5) signifikan pada taraf 10%,

sementara variabel lainnya tidak signifikan. Namun, karena masih terdapat pelanggaran asumsi klasik, hasil uji *t* digunakan sebagai referensi awal dan diperkuat dengan metode *bootstrap* untuk menghasilkan estimasi yang lebih robust dan andal.

Tabel 7
Hasil Uji Parsial

Variabel	B	Std.Error	Beta	t	Sig
Constant	-6.960E+13	1.317E+13	–	-5.286	<0.001
Literasi Publik (LNX1)	2.349E+12	4.148E+12	0.067	0.566	0.574
Macroeconomic (LNX2)	8.964E+12	3.155E+12	0.361	2.842	0.007
Investasi Ramah Lingkungan (LNX3)	9.499E+12	4.502E+12	0.305	2.110	0.040
Operasional (LNX4)	-1.553E+12	5.491E+12	-0.055	-0.283	0.779
Manajemen Resiko (LNX5)	8.246E+12	4.268E+12	0.338	1.932	0.060
Regulasi (LNX6)	-2.079E+12	4.670E+12	-0.078	-0.445	0.658

Sumber: data olahan

Uji ANOVA *(Analysis of Variance)* digunakan untuk mengetahui apakah model regresi secara keseluruhan signifikan dalam menjelaskan variabilitas variabel dependen. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa model regresi signifikan baik sebelum transformasi (F = 6,213; Sig. < 0,001) maupun setelah transformasi (F = 8,169; Sig. < 0,001), dengan peningkatan nilai F yang menandakan model transformasi lebih robust dan lebih baik dalam menjelaskan variasi dampak implementasi Green Finance pada Smart City.

Tabel 8
Hasil Uji Simultan

Sumber	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Regression	2.194E+26	6	3.657E+25	8.169	<0.001
Residual	2.059E+26	46	4.476E+24	–	–
Total	4.253E+26	52	–	–	–

Sumber: data olahan

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih objektif, digunakan nilai *Adjusted R Square* yang telah disesuaikan dengan jumlah variabel dan ukuran sampel. Penyesuaian ini penting untuk menghindari overestimasi dan memberikan estimasi kemampuan model yang lebih realistis dibandingkan R *Square* standar. Nilai Adjusted R^2 pada model awal sebesar 0,376 menunjukkan bahwa 37,6% variasi Dampak Implementasi Green Finance pada Smart City dapat dijelaskan oleh variabel independen, sedangkan 62,4% dipengaruhi faktor lain di luar model. Setelah dilakukan transformasi variabel dan *bootstrap*, nilai Adjusted R^2 meningkat menjadi 0,453 atau 45,3%, yang menandakan bahwa model menjadi lebih sesuai, robust, dan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menjelaskan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

Tabel 9
Hasil Koefisien Determinasi

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error	Durbin-Watson
0.718	0.516	0.453	2.11569E+12	1.937

Sumber: data olahan

Faktor Keberhasilan Green Finance dalam Pengembangan Infrastruktur Smart City di Indonesia

Identifikasi *Critical Success Factors* (CSF) green finance dilakukan melalui analisis statistik deskriptif untuk menggambarkan persepsi dan tingkat persetujuan responden terhadap faktor-faktor yang diteliti. Hasil menunjukkan seluruh indikator memperoleh skor rata-rata tinggi (3,75–4,72), menandakan bahwa green finance dipersepsikan relevan dan strategis dalam pengembangan infrastruktur smart city. Keenam variabel—literasi publik (X1), makroekonomi (X2), investasi ramah lingkungan (X3), operasional (X4), manajemen risiko (X5), dan regulasi (X6)—diposisikan sebagai CSF karena merepresentasikan kesiapan, keberlanjutan, dan efektivitas implementasi green finance. Literasi publik berperan dalam legitimasi sosial (Kaur & Dhiman, 2025), makroekonomi menciptakan iklim investasi kondusif, investasi ramah lingkungan menjembatani kebijakan dan realisasi proyek hijau, faktor operasional berfungsi sebagai *enabling factor* (Akomea-Frimpong et al., 2025), manajemen risiko menjaga stabilitas dan kepercayaan investor, serta regulasi menyediakan fondasi kebijakan meskipun masih berisiko normatif tanpa penguatan implementasi (Hayee, 2025).

Pengaruh Faktor Keberhasilan terhadap Dampak Implementasi Green Finance pada Smart City

Hasil *bootstrap* 5.000 sampel menunjukkan bahwa Investasi Ramah Lingkungan (LNX3) merupakan faktor paling berpengaruh terhadap dampak implementasi green finance, diikuti oleh Makroekonomi (LNX2) dan Manajemen Risiko (LNX5). Sebaliknya, Literasi Publik (LNX1), Operasional (LNX4), dan Regulasi (LNX6) tidak signifikan karena interval kepercayaan mencakup nol. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan smart city di Indonesia sangat bergantung pada realisasi investasi hijau yang konkret.

1. Literasi Publik (X1). Literasi publik tidak berpengaruh signifikan terhadap dampak implementasi green finance karena masih bersifat konseptual dan belum mencakup literasi teknis instrumen keuangan berkelanjutan..
2. Macroeconomic (X2). Faktor makroekonomi berpengaruh signifikan, menunjukkan bahwa stabilitas inflasi, suku bunga, dan insentif fiskal secara langsung memperkuat dampak green finance, sejalan dengan Dikau & Volz (2021)
3. Investasi Ramah Lingkungan (X3). Investasi ramah lingkungan berpengaruh positif dan signifikan, berfungsi sebagai mekanisme utama yang mengonversi kebijakan green finance menjadi dampak pembangunan smart city yang nyata.
4. Operasional (X4). Faktor operasional tidak signifikan dan berperan sebagai faktor pendukung. Temuan ini sejalan dengan Akomea-Frimpong et al. (2025) yang menempatkan faktor operasional sebagai *enabling mechanism* yang efektivitasnya bergantung pada ketersediaan investasi hijau.
5. Manajemen Risiko (X5). Manajemen risiko berpengaruh signifikan dan positif, menunjukkan bahwa kemampuan mengelola risiko lingkungan, sosial, dan keuangan memperkuat dampak implementasi green finance, sejalan dengan Anton et al. (2025).
6. Regulasi (X6). Regulasi belum menunjukkan pengaruh signifikan secara langsung, meskipun tetap menjadi fondasi penting green finance. Hasil ini mengindikasikan bahwa regulasi masih bersifat normatif dan memerlukan penguatan implementasi serta sosialisasi agar berdampak nyata (Hayee, 2025).
7. Faktor Paling Signifikan dan Berpengaruh. Secara empiris, hanya makroekonomi, investasi ramah lingkungan, dan manajemen risiko yang terbukti berpengaruh signifikan terhadap dampak green finance pada smart city. Literasi publik, operasional, dan regulasi tetap penting sebagai faktor pendukung, namun belum berfungsi sebagai penggerak utama. Temuan ini menunjukkan bahwa tantangan utama pada imolementasi green finance atau pembiayaan hijau di Indonesia terletak pada kemampuan mengonversi kerangka kebijakan dan institusional menjadi aliran investasi hijau yang konkret dan berkelanjutan.

SIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data pada *penelitian Critical Success Factors Green Finance* dalam pengembangan infrastruktur *Smart City* di Indonesia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisis Faktor keberhasilan *(Critical Success Factors) green finance* dalam pengembangan infrastruktur *smart city* Indonesia yaitu Literasi Publik, Makroekonomi, Investasi Ramah Lingkungan, Operasional, Manajemen Risiko, dan Regulasi. Seluruh variabel tersebut secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap Dampak Implementasi *Green Finance* pada *Smart City*.
2. Variabel Makroekonomi, Investasi Ramah Lingkungan, dan Manajemen Risiko adalah faktor yang berpengaruh dengan Dampak Implementasi *Green Finance* pada *Smart City*. Sedangkan, variabel lain seperti Regulasi, Literasi Publik, dan Operasional belum menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial. Investasi Ramah Lingkungan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap Dampak Implementasi *Green Finance* pada *Smart City.* Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi positif dengan nilai tertinggi dibandingkan variabel lainnya. Hal ini bermakna bahwa setiap peningkatan pada sektor investasi ramah lingkungan akan memberikan kontribusi positif yang paling besar dan nyata terhadap keberhasilan pengembangan infrastruktur *Smart City* di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Akomea-Frimpong, I., Tumpa, R. J., Ofori, J. A. N., Botchway, B., Tetteh, P. A., Jin, X., 2025. Critical success factors of green finance on zero carbon buildings. *Energy and Buildings*, *338*, 115735.

Aslam, B., Zhang, G., Amjad, M. A., Guo, S., Guo, R., Soomro, A., 2024. Towards sustainable initiatives: Evidence from green finance mitigating ecological footprint in East Asia and Pacific nations. *Energy & Environment*, 0958305X241262937.

Borsekova, K., Nijkamp, P., 2018. Smart cities: A challenge to research and policy analysis. *Cities*, *78*, 1–3.

BPS. 2022. *Jumlah Penduduk menurut Wilayah, Daerah Perkotaan/Perdesaan, dan Jenis Kelamin, Indonesia,*

Dikau, S., Volz, U., 2021. Central bank mandates, sustainability objectives and the promotion of green finance. *Ecological Economics*, *184*, 107022.

Fankhauser, S., Smith, S. M., Allen, M., Axelsson, K., Hale, T., Hepburn, C., Kendall, J. M., Khosla, R., Lezaun, J., Mitchell-Larson, E., 2022. The meaning of net zero and how to get it right. *Nature Climate Change*, *12*(1), 15–21.

Field, A., 2013. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). SAGE Publications.

Hayee, R., 2025. Determinants of green finance adoption in emerging economies: The role of regulations, management commitment, and technology competence. *Qlantic Journal of Social Sciences*, *6*(1), 454–470.

IFC. 2017. *Green Finance A Bottom-up Approach to Track Existing Flows*.

Kaur, M., Dhiman, B., 2025. Performance evaluation and scientific mapping in sustainability-focused green finance and literacy. *Anuário Do Instituto de Geociências*, *48*.

Liebman, A., Reynolds, A., Robertson, D., Nolan, S., Argyriou, M., Sargent, B., 2019. Green finance in Indonesia. *Handbook of Green Finance*, 1–30. Springer.

Martin, V., 2023. Green Finance: Regulation and Instruments 1. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, *12*(2), 185–209.

OJK. 2024. *Majalah edukasi konsumen triwulan II 2024*. Otoritas Jasa Keuangan.

Rahman, M. M., Islam, M. F., Dyuti, T. I., Hossain, M. E., 2024. Driving net zero emissions through green finance, green logistics, and corporate social responsibility: findings from PLS-SEM approach. *Discover Sustainability*, *5*(1), 439.

Stern, N., Valero, A., 2021. Innovation, growth and the transition to net-zero emissions. *Research Policy*, *50*(9), 104293.

World Economic Forum. 2023. *Scaling low carbon design and construction with concrete*. World Economic Forum.

Xu, Y., Yang, G., Yi, W., Cheng, K. Y., 2021. Critical Success Factors of Smart City Projects: Evidence from New Zealand. *Pacific Association of Quantity Surveyors Conference*, 1–23.

Zhang, D., Guo, Y., Taghizadeh-Hesary, F., 2023. Green finance and energy transition to achieve net-zero emission target. *Energy Economics*, *126*, 106936.