

KAJIAN LITERATUR SISTEMATIS TENTANG PENERAPAN KONSEP GREEN BUILDING PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT DI NEGARA BERKEMBANG

Akbar Gusnur Kurniaji¹

¹ Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, Banten

*Email: akbargusnur142@gmail.com

Abstrak

Kajian terdahulu mengenai *green building* di negara berkembang masih bersifat parsial dan terbatas secara regional, sehingga sintesis lintas kawasan yang komprehensif belum tersedia. Penelitian ini hadir sebagai kajian literatur sistematis pertama yang mensintesis penerapan konsep *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang secara lintas kawasan, sebagai kontribusi orisinal dalam bidang konstruksi berkelanjutan. Sektor bangunan berkontribusi 34 persen terhadap konsumsi energi global dan 37 persen emisi CO₂ dunia, menjadikan implementasi *green building* pada gedung bertingkat sebagai agenda strategis mendesak. Penelitian menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) berprotokol PRISMA melalui penelusuran Scopus dan *Web of Science* dengan operator Boolean. Dari 309 artikel teridentifikasi, sepuluh studi memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara tematik. Hasil menunjukkan bahwa sertifikasi LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) mampu menekan emisi karbon operasional hingga 61,1% pada gedung tropis. Biaya awal tinggi, lemahnya regulasi, dan keterbatasan kapasitas teknis merupakan hambatan dominan, sedangkan insentif fiskal dan edukasi pemangku kepentingan menjadi pendorong utama. Kombinasi pajak lingkungan, subsidi hijau, dan perdagangan karbon terbukti paling efektif. Penelitian ini merekomendasikan adaptasi sertifikasi berbasis iklim lokal, penguatan regulasi nasional, dan kolaborasi lintas sektor demi percepatan adopsi *green building* di negara berkembang.

Kata kunci: *green building*, gedung bertingkat, konstruksi berkelanjutan, negara berkembang, sertifikasi bangunan hijau

Abstract

Previous studies on green building in developing countries remain largely partial and regionally confined, leaving a comprehensive cross-regional synthesis absent from the scientific literature. This study presents the first systematic literature review specifically synthesizing green building implementation in high-rise buildings across developing countries, representing an original contribution to sustainable construction knowledge. The building sector accounts for 34 percent of global energy consumption and 37 percent of worldwide CO₂ emissions, making green building adoption in high-rise structures an urgent strategic agenda. A Systematic Literature Review (SLR) employing the PRISMA protocol was conducted through Scopus and Web of Science databases using Boolean operators. From 309 identified articles, ten studies met the inclusion criteria and were analyzed thematically. Findings reveal that the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certification system can reduce operational carbon emissions by up to 61.1% in tropical buildings. High initial construction costs, weak regulatory frameworks, and limited technical capacity constitute dominant barriers, while fiscal incentives and stakeholder education consistently emerge as primary adoption drivers. A combined instrument of environmental taxation, green subsidies, and carbon trading proved most effective. This study recommends adapting certification systems to local climatic contexts, strengthening national regulations, and fostering cross-sector collaboration to accelerate green building adoption in developing countries.

Keywords: *certification system, developing countries, green building, high-rise building, sustainable construction*

1. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi dan operasional gedung telah menjadi salah satu penyumbang terbesar terhadap perubahan iklim global. Berdasarkan laporan terkini, sektor bangunan dan konstruksi bertanggung jawab atas sekitar 34 persen dari total permintaan energi global serta menghasilkan 37 persen emisi karbon dioksida (CO₂) yang berkaitan dengan energi dan proses industri secara keseluruhan (Utomo dkk., 2022). Kondisi ini semakin mengkhawatirkan mengingat laju urbanisasi yang terus meningkat, khususnya di kawasan *Global South* atau negara-negara berkembang, yang mendorong pembangunan gedung bertingkat dalam skala masif. Studi yang

dilakukan (Alekhin & Avdonina, 2023) menegaskan bahwa hambatan menuju netralitas karbon di sektor bangunan negara-negara berkembang meliputi keterbatasan kesadaran profesional, minimnya sistem sertifikasi bangunan hijau (*green building rating systems*), serta absennya skema pembiayaan ramah lingkungan yang memadai. Oleh karena itu, penerapan konsep *green building* atau bangunan hijau pada proyek gedung bertingkat menjadi agenda strategis yang tidak lagi dapat ditunda.

Konsep *green building* merujuk pada pendekatan perancangan, konstruksi, dan operasional bangunan yang mengintegrasikan efisiensi energi, pengelolaan air, penggunaan material ramah lingkungan, serta peningkatan kualitas lingkungan dalam ruang (*indoor environment quality*). Di negara-negara berkembang, upaya implementasi konsep ini masih menghadapi berbagai rintangan struktural yang kompleks. (Ann dkk., 2020) dalam kajiannya terhadap 30 negara mengidentifikasi bahwa hambatan utama penerapan *green building* di negara berkembang bersifat multidimensional, meliputi aspek politik, ekonomi, sosial, teknologi, lingkungan, dan hukum yang saling berkaitan dalam kerangka analisis *PESTEL*. Sejalan dengan itu, (Manzoor dkk., 2021) menemukan bahwa negara-negara di Afrika, Asia Tenggara, dan Amerika Latin menghadapi kondisi serupa berupa keterbatasan finansial, minimnya keahlian teknis, serta lemahnya kerangka regulasi, yang secara kolektif menghambat adopsi praktik berkelanjutan secara efektif.

Meskipun demikian, bukti empiris menunjukkan bahwa *green building* mampu memberikan manfaat ekonomi yang signifikan secara jangka panjang. Studi kasus yang dilakukan (Yee dkk., 2023) di Tanzania terhadap tiga gedung perkantoran bersertifikasi *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)* membuktikan bahwa gedung hijau berpotensi menghasilkan penghematan energi tahunan berkisar antara 8 hingga 57 persen. Temuan ini memperkuat argumen bahwa investasi awal yang lebih tinggi dalam konstruksi gedung hijau dapat terkompensasi secara menyeluruh melalui penghematan biaya operasional dalam jangka menengah dan panjang. (Gelan, 2023) menambahkan bahwa model pembiayaan hijau (*green finance*) yang tepat sasaran menjadi faktor penentu akselerasi adopsi *green building* di negara berkembang seperti Ghana, mengingat model pembiayaan tradisional masih mendominasi dan belum selaras dengan prinsip-prinsip keberlanjutan bangunan.

Dalam konteks gedung bertingkat (*high-rise buildings*), tantangan penerapan *green building* menjadi semakin kompleks karena melibatkan skala konstruksi yang besar, konsumsi material yang masif, serta kebutuhan sistem mekanikal-elektrikal yang intensif energi. Laporan IFC (2023) mencatat bahwa pasar konstruksi hijau di negara-negara berkembang sesungguhnya menyimpan potensi yang sangat besar, dengan sejumlah proyek di Filipina, India, dan Afrika Selatan telah berhasil mencapai penghematan energi signifikan serta peningkatan nilai jual properti melalui penerapan standar bangunan hijau. (Awad & Daoud, 2025) turut menegaskan bahwa hambatan adopsi material bangunan berkelanjutan (*sustainable building materials*) di negara berkembang, khususnya Nigeria, merupakan cerminan nyata dari kesenjangan kapasitas industri konstruksi yang memerlukan intervensi sistemik dari berbagai pemangku kepentingan.

Dalam rangka memperoleh gambaran yang komprehensif dan berbasis bukti (*evidence-based*) mengenai penerapan *green building* di negara berkembang, pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* menjadi metode yang paling relevan dan dapat diandalkan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk meminimalkan bias dalam proses identifikasi, seleksi, appraisal, sintesis, dan penarikan kesimpulan dari berbagai studi yang telah dipublikasikan sebelumnya. (Fatma dkk., 2024) menegaskan bahwa tinjauan sistematis terhadap literatur *green building* di negara berkembang sangat diperlukan mengingat masih terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan, terutama yang berkaitan dengan konteks sosio-ekonomi spesifik setiap negara. Dengan demikian, kajian literatur sistematis tentang penerapan konsep *green building* pada proyek gedung bertingkat di negara berkembang merupakan kontribusi ilmiah yang urgen dan strategis bagi pengembangan kebijakan konstruksi berkelanjutan secara global.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat kesenjangan yang nyata antara urgensi penerapan konsep *green building* pada proyek gedung bertingkat dan keterbatasan implementasinya di negara-negara berkembang. Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji berbagai aspek *green building* secara parsial, belum terdapat kajian literatur sistematis yang secara khusus merangkum, menganalisis, dan mensintesis temuan-temuan penelitian terdahulu terkait penerapan konsep *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini mengajukan rumusan masalah sebagai berikut: (1) Apa saja konsep, prinsip, dan sistem sertifikasi *green building* yang paling banyak diterapkan pada proyek gedung bertingkat di negara berkembang berdasarkan literatur yang tersedia dari tahun 2021 hingga 2024? (2) Apa saja hambatan utama dan faktor pendorong (*drivers*) dalam implementasi *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang? (3) Bagaimana tren perkembangan penelitian dan

rekomendasi strategis terkait implementasi *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang berdasarkan kajian literatur sistematis?

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sintesis pengetahuan yang komprehensif dan terstruktur mengenai penerapan konsep *green building* pada proyek gedung bertingkat di negara-negara berkembang melalui pendekatan kajian literatur sistematis. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi dan memetakan konsep, prinsip, serta sistem sertifikasi *green building* yang dominan diterapkan pada proyek gedung bertingkat di negara berkembang; (2) menganalisis hambatan-hambatan struktural dan faktor-faktor pendorong yang memengaruhi keberhasilan implementasi *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang; serta (3) merumuskan rekomendasi strategis berbasis bukti (*evidence-based recommendations*) yang dapat dijadikan acuan bagi para pemangku kepentingan, termasuk perencana, pengembang, akademisi, dan pembuat kebijakan, dalam mendorong percepatan adopsi *green building* di negara berkembang.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, hasil kajian ini diharapkan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan di bidang konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*), khususnya dalam memberikan peta jalan (*roadmap*) penelitian terkini mengenai *green building* di negara berkembang, sekaligus mengisi celah literatur yang selama ini masih terbatas pada kajian sektoral atau regional yang bersifat parsial. Secara praktis, temuan penelitian ini dapat dijadikan dasar pertimbangan bagi pemerintah dalam merumuskan regulasi dan insentif yang mendukung penerapan *green building* pada gedung bertingkat, bagi pelaku industri konstruksi dalam merancang strategi implementasi yang adaptif terhadap kondisi lokal, serta bagi akademisi dalam menentukan arah penelitian lanjutan yang lebih spesifik dan kontekstual. Lebih lanjut, penelitian ini diharapkan berkontribusi terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya SDG 11 tentang kota dan permukiman inklusif serta SDG 13 tentang penanganan perubahan iklim, melalui penyediaan basis pengetahuan yang dapat digunakan secara lintas negara dan lintas sektor.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), yaitu metode tinjauan pustaka yang dilakukan secara terstruktur, transparan, dan dapat direproduksi guna menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang komprehensif terkait suatu topik tertentu. Metode SLR dipilih karena kemampuannya dalam meminimalkan bias seleksi melalui penerapan prosedur yang telah ditetapkan secara eksplisit sebelum proses penelusuran dimulai, sehingga validitas dan reliabilitas temuan dapat terjaga secara konsisten. Pendekatan ini secara luas diakui dalam komunitas ilmiah sebagai standar metodologi tinjauan pustaka yang paling ketat, khususnya dalam bidang konstruksi berkelanjutan dan *green building* (Kussumardianadewi dkk., 2024).

Proses identifikasi literatur dilakukan melalui penelusuran sistematis pada dua basis data akademik utama, yaitu *Scopus* dan *Web of Science*, menggunakan kombinasi kata kunci yang telah dirancang secara spesifik. Kata kunci yang digunakan meliputi: "*green building*", "*sustainable building*", "*high-rise building*", "*tall building*", "*developing countries*", "*sustainable construction*", dan "*green building implementation*", yang dikombinasikan menggunakan operator *Boolean* (*AND*, *OR*) untuk memaksimalkan cakupan hasil pencarian. Pemilihan kedua basis data tersebut didasarkan pada reputasinya sebagai repositori literatur ilmiah yang paling komprehensif dan terpercaya di tingkat internasional, khususnya untuk publikasi di bidang teknik sipil, arsitektur, dan keberlanjutan lingkungan terbangun.

Proses seleksi artikel mengacu pada kerangka *PRISMA* (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) yang mencakup empat tahapan utama, yaitu identifikasi, *screening*, kelayakan, dan inklusi. Kriteria inklusi yang ditetapkan meliputi: artikel yang diterbitkan pada rentang tahun 2021 hingga 2025, membahas penerapan konsep *green building* pada proyek gedung bertingkat di negara berkembang, diterbitkan pada jurnal ilmiah *peer-reviewed*, serta tersedia dalam versi teks lengkap (*full text*). Sebaliknya, artikel yang bersifat laporan teknis tanpa proses tinjauan sejawat, publikasi dalam bahasa selain Inggris dan Indonesia, serta studi yang tidak relevan dengan konteks negara berkembang dikeluarkan dari proses seleksi. Penerapan kriteria ini secara konsisten bertujuan memastikan bahwa hanya literatur berkualitas tinggi dan relevan yang diikutsertakan dalam sintesis akhir.

Setelah proses seleksi selesai, data diekstraksi secara sistematis menggunakan formulir ekstraksi terstandar yang mencakup informasi bibliografis, tujuan penelitian, metode yang digunakan, temuan utama, serta rekomendasi yang diajukan oleh masing-masing studi. Sintesis temuan dilakukan melalui analisis tematik (*thematic analysis*) untuk mengidentifikasi pola, kecenderungan, dan kesenjangan penelitian yang ada. Pendekatan analisis tematik dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data kualitatif yang bersifat

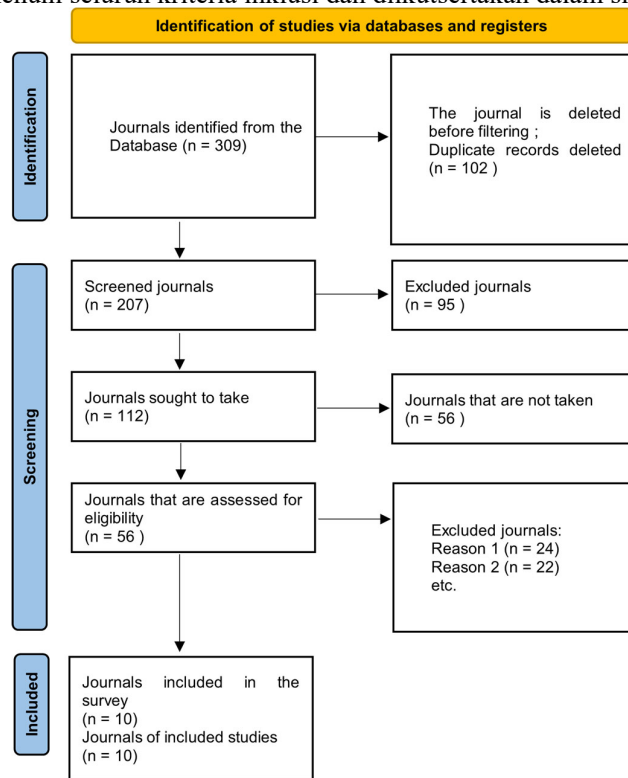
heterogen dari berbagai studi menjadi tema-tema yang kohesif dan bermakna secara konseptual. Keseluruhan proses metodologis ini dirancang untuk menghasilkan temuan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan di bidang konstruksi berkelanjutan di negara berkembang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL

3.1.1. Hasil Seleksi Literatur

Proses penelusuran literatur dilakukan secara sistematis melalui dua basis data akademik utama, yaitu *Scopus* dan *Web of Science*, dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang telah ditetapkan. Dari penelusuran awal diperoleh 309 artikel. Setelah dilakukan penghapusan artikel yang sudah tidak tersedia sebelum proses penyaringan serta eliminasi data duplikat, jumlah artikel yang tersisa menjadi 207 artikel. Tahap *screening* berdasarkan judul dan abstrak menghasilkan 112 artikel yang layak ditelaah lebih lanjut. Selanjutnya, penilaian kelayakan (*eligibility assessment*) berbasis teks lengkap dilakukan terhadap 56 artikel, di mana sebanyak 46 artikel dikeluarkan karena tidak relevan dengan konteks gedung bertingkat di negara berkembang (n=24) dan tidak memenuhi rentang tahun publikasi yang ditetapkan (n=22). Pada akhirnya, sebanyak 10 artikel memenuhi seluruh kriteria inklusi dan diikutsertakan dalam sintesis penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alur Seleksi Literatur Berdasarkan Kerangka *PRISMA* (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)

Tabel 1. Sintesis Hasil Kajian Literatur tentang Penerapan Konsep *Green Building* pada Gedung Bertingkat di Negara Berkembang (2021–2025)

No	Author	Judul	Metode	Sampel	Hasil Temuan	Relevansi
1	(Mustaffa dkk., 2021)	Top-down bottom-up strategic building development framework: Malaysia	green Mixed method (survei + wawancara studi kasus)	6 studi kasus, 54 responden, + pakar	<ul style="list-style-type: none"> • Pengetahuan GB bervariasi per peran • Manfaat ekonomi & kebijakan motivator utama 	<ul style="list-style-type: none"> • GB di negara berkembang (Malaysia) • Pendekatan multi-stakeholder • Menawarkan kerangka strategis

No	Author	Judul	Metode	Sampel	Hasil Temuan	Relevansi
					<ul style="list-style-type: none"> • Biaya tinggi = hambatan utama • Dihasilkan framework top-down-bottom-up 	
2	(Yang dkk., 2021)	Green building technologies adoption in China: Environmental policies reshaping decision-making	Evolutionary game optimization simulasi	Enterprise konstruksi berbasis aliansi di China	<ul style="list-style-type: none"> • Kebijakan efektif jika ambang kekuatan >0,5 • Subsidi hijau > pajak lingkungan • Kombinasi pajak + subsidi + karbon = instrumen terbaik 	Peran kebijakan pemerintah dalam adopsi GB (China) Fokus gedung bertingkat berbasis aliansi
3	(Nkini dkk., 2023)	Comparative analysis of energy performance in green and non-green office buildings, Tanzania	Regresi berganda studi komparatif	2 gedung hijau + & 15 non-hijau; data 5 tahun (2015–2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Gedung konvensional konsumsi energi lebih rendah dari gedung hijau • Prediktor terkuat: klasifikasi + tipe HVAC • Rasio jendela-dinding = prediktor sekunder 	Perbandingan empiris gedung hijau vs non-hijau (Afrika) Data nyata untuk arsitek & pembuat kebijakan
4	(Santana dkk., 2023)	Analysis of barriers to green building labels adoption in Brazil (VISM)	VISM (ISM + PLS-SEM)	Peneliti & profesional konstruksi Brazil	<ul style="list-style-type: none"> • Hambatan utama: biaya tinggi & ROI rendah • Ketidakpercayaan terhadap manfaat GBL • Rendahnya kesadaran publik & kematangan pasar 	Hambatan spesifik GBL di negara berkembang (Brazil) Teknik VISM inovatif & dapat diadaptasi
5	(Mulya dkk., 2024)	Decarbonizing the high-rise office building: LCA to green building rating systems, Malaysia	LCA + analisis skenario sertifikasi	Gedung kantor bertingkat tinggi di Malaysia	<ul style="list-style-type: none"> • LEED: reduksi karbon 61,1% vs GreenRE: 28,7% • BIPV + radiant cooling slab: reduksi 62,7% • LEED unggul dalam pengurangan karbon operasional 	Dekarbonisasi gedung bertingkat tropis (Malaysia) Membandingkan sistem lokal (GreenRE) & internasional (LEED)
6	(Madushika & Lu, 2024)	Transitioning existing buildings to green in semi-developing economies: Sri Lanka	Wawancara terstruktur Sri FGD + ISM	Profesional berpengalaman di Sri Lanka	<ul style="list-style-type: none"> • Hambatan sosial = paling mudah diatasi • Hambatan induk: regulasi, teknologi, informasi • Mitigasi hambatan induk → otomatis kurangi hambatan sosial 	Transisi bangunan existing → green (Sri Lanka) Pemetaan kausalitas antar hambatan via ISM
7	(Nindita dkk., 2025)	Comparative analysis of green building software for energy efficiency	Simulasi komparatif EDGE SEFAIRA in data primer	3 gedung & kampus di Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • EDGE vs SEFAIRA: estimasi berbeda signifikan • SEFAIRA lebih mendekati kondisi 	Tantangan GB di gedung kampus (Indonesia) Perbandingan alat simulasi energi

No	Author	Judul	Metode	Sampel	Hasil Temuan	Relevansi
		campus settings, Indonesia			nyata • Hambatan utama: biaya awal & manajemen tinggi	untuk perencanaan GB
8	(Jaradat dkk., 2024)	Green building, carbon emission, and sustainability + Awareness, actions, barriers	Mixed method analisis deskriptif survei	Profesional konstruksi Yordania	<ul style="list-style-type: none"> • Kesadaran stakeholder cukup baik • Belum tercermin dalam praktik nyata • Butuh intervensi regulasi pemerintah yang tegas 	<ul style="list-style-type: none"> • Kesenjangan pengetahuan vs implementasi (Yordania) • Relevan untuk konteks regulasi negara berkembang
9	(Ezeh dkk., 2022)	High-rise office building makeovers: Architectural & engineering factors across climate zones	Performance-based assessment + simulasi desain	Gedung bertingkat + zona WSCW & HSMW	<ul style="list-style-type: none"> • Kinerja dipengaruhi: rasio denah, posisi inti, atrium • Zona WSCW: denah persegi panjang + strategi pasif • Zona HSMW: denah persegi + strategi aktif 	<ul style="list-style-type: none"> • Desain arsitektur berkelanjutan lintas zona iklim • Dasar ilmiah keputusan desain GB gedung tinggi
10	(Ayarkwa dkk., 2022)	Sustainable building processes' challenges and strategies: approach, Ghana	Survei cross-sectional statistik deskriptif RII	200 profesional konstruksi + Ghana	<ul style="list-style-type: none"> • Tantangan: minimnya pelatihan, ketidaktahuan teknologi, biaya tinggi • Strategi: edukasi stakeholder + melibatkan SDM berlatar GB • Prioritas keberlanjutan sejak tahap awal proyek 	<ul style="list-style-type: none"> • Tantangan & strategi dari perspektif manajemen proyek (Ghana) • Dapat diadopsi untuk konteks gedung bertingkat

3.1.2. Karakteristik Studi yang Diinklusi

Dari sepuluh studi yang berhasil lolos seleksi, rentang tahun publikasi mencakup periode 2021 hingga 2025 dengan distribusi geografis yang cukup beragam, meliputi kawasan Asia Tenggara (Malaysia dan Indonesia), Afrika (Tanzania dan Ghana), Asia Timur (China), Timur Tengah (Yordania), Asia Selatan (Sri Lanka), Amerika Latin (Brazil), serta satu studi lintas zona iklim yang tidak terikat pada satu negara tertentu. Dari sisi metodologi, studi-studi tersebut menggunakan pendekatan yang bervariasi, mencakup *mixed method*, *Life Cycle Assessment (LCA)*, simulasi energi komputasional, pemodelan struktural (*ISM* dan *VISM*), analisis regresi berganda, *evolutionary game optimization*, serta survei berbasis *Relative Importance Index (RII)*. Keragaman metodologi dan konteks geografis ini memberikan basis sintesis yang kaya dan representatif bagi kajian penerapan *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang.

3.2. PEMBAHASAN

3.2.1. Konsep, , dan Sistem Sertifikasi *Green Building* pada Gedung Bertingkat di Negara Berkembang

Hasil sintesis literatur mengungkapkan bahwa sistem sertifikasi *green building* yang paling banyak dievaluasi pada gedung bertingkat di negara berkembang adalah *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)* dan sistem penilaian berbasis lokal seperti *GreenRE* di Malaysia. Perbandingan kedua sistem ini pada gedung kantor bertingkat tinggi di iklim tropis Malaysia menunjukkan bahwa skenario sertifikasi *LEED* mampu mencapai reduksi karbon operasional hingga 61,1%, melampaui skenario *GreenRE* yang hanya mencapai 28,7%. Bahkan, integrasi teknologi *Building Integrated Photovoltaic (BIPV)* dan *radiant cooling slab* dalam desain tidak konvensional mampu menekan emisi karbon hingga 62,7% (Mulya dkk., 2024). Temuan ini secara tegas menunjukkan bahwa pemilihan sistem sertifikasi dan inovasi teknologi

bangunan memiliki implikasi langsung terhadap efektivitas dekarbonisasi gedung bertingkat di negara berkembang beriklim tropis.

Prinsip desain yang diterapkan pada gedung bertingkat di negara berkembang juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik iklim setempat. Kajian terhadap gedung kantor bertingkat di dua zona iklim yang berbeda membuktikan bahwa elemen arsitektur seperti rasio denah bangunan, posisi inti struktural, dan keberadaan atrium secara signifikan memengaruhi kinerja energi keseluruhan gedung. Pendekatan desain pasif terbukti lebih efektif pada zona iklim sejuk-basah, sementara zona iklim panas-lembap membutuhkan strategi aktif yang lebih intensif (Ezeh dkk., 2022). Hal ini menegaskan bahwa prinsip-prinsip *green building* tidak dapat diterapkan secara seragam, melainkan harus dikontekstualisasikan sesuai kondisi iklim lokal yang dominan di mayoritas negara berkembang. Di Indonesia, evaluasi komparatif antara perangkat lunak simulasi energi *EDGE* dan *SEFAIRA* pada tiga gedung kampus bertingkat mengungkapkan bahwa kedua alat tersebut menghasilkan estimasi yang berbeda secara signifikan, dengan *SEFAIRA* memberikan nilai yang lebih mendekati konsumsi energi aktual di lapangan, sehingga pemilihan alat simulasi yang tepat menjadi prasyarat penting dalam perencanaan gedung hijau (Ayarkwa dkk., 2022).

Lebih jauh, studi komparatif di Tanzania menghadirkan temuan yang cukup mengejutkan, yaitu bahwa gedung kantor konvensional ternyata mencatat konsumsi energi yang lebih rendah dibandingkan gedung bersertifikat hijau. Klasifikasi bangunan dan jenis sistem *HVAC* (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) teridentifikasi sebagai prediktor terkuat konsumsi energi, diikuti oleh rasio jendela terhadap dinding (Madushika & Lu, 2024). Paradoks ini memberi peringatan bahwa sertifikasi *green building* tidak secara otomatis menjamin kinerja energi yang lebih baik apabila tidak disertai pengelolaan operasional yang terencana dan konsisten.

3.2.2. Hambatan Utama dan Faktor Pendorong Implementasi *Green Building* pada Gedung Bertingkat di Negara Berkembang

Analisis lintas studi secara konsisten menempatkan biaya konstruksi awal yang tinggi sebagai hambatan dominan dalam adopsi *green building* di berbagai negara berkembang. Namun demikian, hambatan tersebut tidak berdiri sendiri. Di Brazil, proses adopsi *green building labels* juga terhambat oleh ketidakpercayaan pelaku industri terhadap manfaat nyata sertifikasi, rendahnya kematangan pasar konstruksi hijau, serta minimnya kesadaran di kalangan pelaku usaha dan masyarakat umum (Santana dkk., 2023). Kondisi ini memperlihatkan bahwa hambatan finansial pada dasarnya diperparah oleh hambatan informasi dan hambatan sosial yang beroperasi secara bersamaan, sehingga intervensi yang bersifat parsial cenderung tidak efektif.

Studi di Ghana memperkuat temuan tersebut dengan mengidentifikasi bahwa kurangnya pelatihan sumber daya manusia, minimnya penguasaan teknologi hijau, serta absennya prioritas keberlanjutan dalam tahap perencanaan proyek merupakan tiga hambatan utama dari perspektif tim manajemen proyek konstruksi. Strategi paling efektif yang direkomendasikan adalah edukasi menyeluruh bagi seluruh pemangku kepentingan tentang manfaat jangka panjang *green building* dan pelibatan tenaga profesional berlatar belakang konstruksi berkelanjutan sejak tahap inisiasi proyek. Sementara itu, kajian di Yordania mengungkap bahwa tingkat kesadaran *stakeholder* terhadap konsep *green building* sebenarnya sudah cukup memadai, namun kesadaran tersebut belum berhasil diterjemahkan ke dalam praktik desain dan konstruksi yang nyata di lapangan, sehingga dibutuhkan intervensi regulasi pemerintah yang lebih tegas dan terukur (Jaradat dkk., 2024).

Dari sisi hierarki hambatan, studi di Sri Lanka menggunakan pemodelan *Interpretive Structural Modelling* (ISM) untuk memetakan hubungan kausalitas di antara berbagai hambatan secara lebih terstruktur. Hasilnya menunjukkan bahwa hambatan regulasi, teknologi, dan informasi merupakan hambatan dengan daya dorong (*driving power*) tertinggi yang memengaruhi munculnya hambatan-hambatan turunan lainnya. Hambatan sosial, meskipun paling sering terlihat di permukaan, justru merupakan hambatan yang paling mudah diatasi apabila ketiga hambatan induk tersebut berhasil dikelola terlebih dahulu (Mustaffa dkk., 2021). Pemahaman hierarki hambatan semacam ini sangat berharga bagi pengambil kebijakan karena memungkinkan alokasi sumber daya yang lebih tepat sasaran.

Dari perspektif faktor pendorong, studi di Malaysia mengidentifikasi bahwa manfaat ekonomi jangka panjang dan keberadaan kebijakan pemerintah yang jelas dan konsisten merupakan dua motivator paling kuat bagi pelaku industri untuk mengadopsi *green building*. Penelitian ini menghasilkan *framework* strategis *top-down-bottom-up* yang secara sinergis memadukan peran regulator, pengembang, kontraktor, dan pengguna gedung dalam satu ekosistem kebijakan yang terintegrasi. Di China, temuan dari model optimasi permainan evolusioner membuktikan bahwa kombinasi instrumen pajak lingkungan, subsidi hijau, dan sistem perdagangan karbon yang bekerja secara simultan jauh lebih efektif dibandingkan penerapan satu instrumen secara tunggal, dengan subsidi hijau terbukti lebih efektif daripada pajak lingkungan ketika diterapkan secara

independen (Mulya dkk., 2024). Temuan ini memiliki implikasi kebijakan yang sangat relevan bagi pemerintah negara berkembang yang sedang merancang atau memperbarui instrumen regulasi konstruksi berkelanjutan.

3.2.3. Tren Penelitian dan Rekomendasi Strategis

Kajian terhadap seluruh literatur yang diinklusi menunjukkan tren metodologi yang semakin beragam dan canggih dalam penelitian *green building* di negara berkembang selama periode 2021–2025. Secara geografis, Asia Tenggara dan Afrika mendominasi sebagai lokus penelitian, sementara kawasan Timur Tengah dan Amerika Latin mulai memberikan kontribusi yang lebih substansial. Tren ini mencerminkan meningkatnya kesadaran akademik dan profesional terhadap urgensi penerapan *green building* di berbagai konteks negara berkembang yang sebelumnya kurang terwakili dalam literatur global.

Berdasarkan keseluruhan sintesis, setidaknya empat rekomendasi strategis dapat dirumuskan. Pertama, negara berkembang perlu mengembangkan atau mengadaptasi sistem sertifikasi *green building* yang selaras dengan kondisi iklim tropis dan kapasitas industri konstruksi lokal, bukan sekadar mengadopsi sistem internasional secara mentah. Kedua, kebijakan insentif fiskal yang dikombinasikan dengan program edukasi *stakeholder* secara intensif terbukti lebih efektif dibandingkan regulasi yang bersifat paksaan semata, sebagaimana ditunjukkan oleh studi di China dan Malaysia. Ketiga, intervensi kebijakan semestinya diprioritaskan pada penguatan regulasi, pengembangan teknologi lokal, dan peningkatan akses informasi sebagai hambatan-hambatan induk yang paling menentukan keberhasilan adopsi secara keseluruhan. Keempat, penggunaan alat simulasi energi yang tervalidasi secara lokal perlu dijadikan standar wajib dalam perencanaan gedung bertingkat hijau di negara berkembang, mengingat perbedaan signifikan antara estimasi dan kondisi nyata yang ditemukan di lapangan.

4. KESIMPULAN

Kajian literatur sistematis ini berhasil memetakan lanskap penerapan konsep *green building* pada gedung bertingkat di negara berkembang melalui sintesis sepuluh studi terpilih periode 2021–2025. Temuan menunjukkan bahwa sistem sertifikasi seperti *LEED* dan *GreenRE* terbukti efektif mereduksi emisi karbon, meski keberhasilannya sangat bergantung pada konteks iklim lokal dan kualitas pengelolaan operasional. Biaya awal yang tinggi, lemahnya regulasi, serta keterbatasan kapasitas teknis tetap menjadi hambatan dominan, sementara kebijakan insentif fiskal dan edukasi pemangku kepentingan secara konsisten tampil sebagai pendorong utama adopsi konstruksi berkelanjutan di berbagai kawasan berkembang.

Pemerintah di negara berkembang perlu segera menyusun regulasi konstruksi yang secara eksplisit mengakomodasi prinsip *green building*, disertai skema insentif fiskal yang terukur dan berkelanjutan. Industri konstruksi didorong untuk berinvestasi dalam peningkatan kompetensi *sumber daya manusia* serta mengadopsi alat simulasi energi yang tervalidasi secara lokal. Kalangan akademisi diharapkan memperluas cakupan penelitian ke kawasan yang masih kurang terwakili, seperti Asia Tengah dan Pasifik. Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, swasta, dan lembaga riset menjadi prasyarat mendasar dalam menciptakan ekosistem konstruksi berkelanjutan yang adaptif, inklusif, dan mampu merespons dinamika perubahan iklim secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alekhin, V., & Avdonina, L. (2023). *Prospects , Challenges and Solutions for Achieving Sustainability in Implementing Green Architecture Strategies in High-Rise Buildings : A Review Prospects , Challenges and Solutions for Achieving Sustainability in Implementing Green Architecture Strategi*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1428/1/012004>
- Ann, M., Quirapas, J., Pawar, P., Wu, X., Pawar, P., & Wu, X. (2020). *Green Building Policies in Cities : A Comparative Assessment and Analysis*.
- Awad, I., & Daoud, A. O. (2025). *Green Building Information Modeling Framework for Sustainable Residential Development in Egypt*.
- Ayarkwa, J., Opoku, D. J., Antwi-afari, P., Yi, R., & Li, M. (2022). Sustainable building processes ' challenges and strategies : The relative important index approach. *Cleaner Engineering and Technology*, 7, 100455. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100455>
- Ezeh, C. I., Hong, Y., Deng, W., & Zhao, H. (2022). High rise office building makeovers — Exploiting architectural and engineering factors in designing sustainable buildings in different climate zones. *Energy Reports*, 8, 6396–6410. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.075>
- Fatma, N. I. K., Nik, A., Chi, K. A. M. S., Mahdzir, M., Pakir, Z., Ahamad, N., & Zaini, F. M. (2024).

- Applicability Of Green Façades Within High-Rise Buildings In Urban Built Environments*. 19(10), 99–114.
- Gelan, E. (2023). *Green Building Concepts and Technologies in Ethiopia: The Case of Wegagen Bank Headquarters Building*.
- Jaradat, H., Adeeb, O., Alshboul, M., & Mohammed, I. (2024). Green building , carbon emission , and environmental sustainability of construction industry in Jordan : Awareness , actions and barriers. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2), 102441. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102441>
- Kussumardianadewi, B. D., Husin, A. E., Prawina, R. S., Kussumardianadewi, B. D., Husin, A. E., & Prawina, R. S. (2024). *Optimizing Time Performance in Implementing Green Building Concepts on High-Rise Residential by using M-Pert*. 2012, 456–462.
- Madushika, U. G. D., & Lu, W. (2024). Transitioning of existing buildings to green in developing economies: A case of Sri Lanka. *Energy for Sustainable Development*, 83, 101580. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101580>
- Manzoor, B., Othman, I., & Kang, J. M. (2021). *applied sciences Influence of Building Information Modeling (BIM) Implementation in High-Rise Buildings towards Sustainability*.
- Mulya, K. S., Ng, W. L., Biró, K., Ho, W. S., Wong, K. Y., & Woon, K. S. (2024). Decarbonizing the high-rise office building: A life cycle carbon assessment to green building rating systems in a tropical country. *Building and Environment*, 255, 111437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111437>
- Mustaffa, N. K., Mat Isa, C. M., & Che Ibrahim, C. K. I. (2021). Top-down bottom-up strategic green building development framework: Case studies in Malaysia. *Building and Environment*, 203, 108052. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108052>
- Nindita, V., Purwanto, P., & Windarta, J. (2025). Green Technologies and Sustainability Comparative analysis of green building software for energy efficiency in campus settings. *Green Technologies and Sustainability*, 3(3), 100191. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100191>
- Nkini, S., Nuyts, E., Kassenga, G., Swai, O., & Verbeeck, G. (2023). Comparative analysis of the energy performance in green and non-green office buildings in Dar Es Salaam, Tanzania. *Energy and Buildings*, 293, 113202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113202>
- Santana, W. B., Pereira, L. M., Freires, F. G. M., & Maués, L. M. F. (2023). Analysis of the barriers to the adoption of green buildings labels in Brazil by the validated Interpretative Structural Modeling (VISM) technique. *Journal of Cleaner Production*, 414, 137642. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137642>
- Utomo, C., Astarini, S. D., Rahmawati, F., & Setijanti, P. (2022). *The Influence of Green Building Application on High-Rise*.
- Yang, Z., Chen, H., Mi, L., Li, P., & Qi, K. (2021). Green building technologies adoption process in China: How environmental policies are reshaping the decision-making among alliance-based construction enterprises? *Sustainable Cities and Society*, 73, 103122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103122>
- Yee, H. C., Jing, K. T., & Yik, K. Z. (2023). *Current status of green building development in Malaysia*. 25, 1–9.