

PERTIMBANGAN ETIKA DALAM PENGGUNAAN TEKNOLOGI HIJAU PADA KONSTRUKSI

Oktavianus Chayadi¹, Edison Hatoguan Manurung², Abdul Mubarak³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Jakarta

E-mail: oktavianuschayadi@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Received :12-06-2026

Revised :02-07-2026

Accepted :11-07-2026

Keywords: Engineering Ethics; Green Technology; Sustainable Construction; Green Building; Environmental Responsibility

DOI: <https://doi.org/10.62335>

ABSTRACT

The construction industry contributes approximately 37–39% of global carbon dioxide emissions and consumes around 36% of total final energy, making it a priority sector in the sustainable development agenda. Green technology in construction offers solutions through the use of low-carbon materials, energy efficiency, and green building certification. However, the adoption of green technology cannot be separated from ethical considerations involving the professional responsibility of engineers, social justice, certification transparency, and respect for local communities. This study employs a conceptual literature-based approach to identify and analyze relevant engineering ethics dimensions in the implementation of green technology in Indonesia's construction sector. The findings indicate that engineering ethics must serve as the primary foundation for every green technology adoption decision, rather than merely fulfilling formal regulatory requirements. This study recommends integrating an engineering ethics framework into Indonesian green construction practice standards.

ABSTRAK

Industri konstruksi berkontribusi sekitar 37–39% terhadap emisi karbon dioksida global dan mengonsumsi sekitar 36% energi akhir dunia, menjadikannya sektor prioritas dalam agenda pembangunan berkelanjutan. Teknologi hijau pada konstruksi menawarkan solusi

melalui penggunaan material rendah karbon, efisiensi energi, dan sertifikasi bangunan hijau. Namun adopsi teknologi hijau tidak terlepas dari pertimbangan etika yang menyangkut tanggung jawab profesi insinyur, keadilan sosial, transparansi sertifikasi, dan penghormatan terhadap komunitas lokal. Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian konseptual berbasis literatur untuk mengidentifikasi dan menganalisis dimensi-dimensi etika rekayasa yang relevan dalam implementasi teknologi hijau di sektor konstruksi Indonesia. Hasil kajian menunjukkan bahwa etika rekayasa harus menjadi landasan utama dalam setiap keputusan adopsi teknologi hijau, bukan sekadar pemenuhan regulasi formal. Penelitian ini merekomendasikan integrasi kerangka etika rekayasa ke dalam standar praktik konstruksi hijau Indonesia.

PENDAHULUAN

Sektor konstruksi merupakan tulang punggung pembangunan infrastruktur dan ekonomi nasional. Di Indonesia, industri ini berkontribusi sekitar 9,92% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan diproyeksikan meningkat hingga 14,7% pada tahun 2030 (Pradoto et al., 2022). Namun di sisi lain, sektor bangunan dan konstruksi secara global bertanggung jawab atas sekitar 37–39% emisi karbon dioksida dan mengonsumsi sekitar 36% dari total energi akhir dunia (IEA, 2022; UNEP, 2020). Besarnya dampak lingkungan ini menjadikan konstruksi sebagai sektor prioritas dalam agenda pembangunan berkelanjutan global.

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, konsep teknologi hijau (green technology) dalam konstruksi berkembang pesat. Teknologi hijau pada konstruksi mencakup penggunaan material rendah karbon seperti beton geopolimer dan kayu rekayasa, sistem efisiensi energi berbasis panel surya dan Internet of Things (IoT), pengelolaan air hujan, hingga penerapan sistem sertifikasi bangunan hijau seperti LEED, BREEAM, dan GREENSHIP dari Green Building Council Indonesia (GBCI). Pasar bangunan hijau global diproyeksikan tumbuh signifikan dalam dekade mendatang seiring komitmen global menuju emisi nol bersih pada tahun 2050, dengan konstruksi berkelanjutan di negara berkembang menjadi segmen dengan pertumbuhan tercepat (IFC, 2023).

Kendati demikian, adopsi teknologi hijau tidak dapat dipandang semata-mata sebagai persoalan teknis. Di balik setiap keputusan implementasi terdapat dimensi etika yang tidak kalah pentingnya. Kode Etik Insinyur Indonesia yang diterbitkan oleh Persatuan Insinyur Indonesia (PII) secara eksplisit menetapkan bahwa insinyur wajib mengutamakan keselamatan publik dan kelestarian lingkungan hidup dalam setiap praktik profesionalnya. Pertanyaannya kemudian adalah: apakah komitmen etis ini telah

benar-benar terinternalisasi dalam praktik konstruksi hijau di Indonesia, ataukah masih sebatas pemenuhan kewajiban formal belaka?

Selain aspek teknis, keberhasilan implementasi konstruksi hijau juga dipengaruhi oleh tingkat integrasi teknologi digital dalam proses perencanaan, koordinasi, dan pengambilan keputusan proyek. Pemanfaatan Building Information Modeling (BIM) memungkinkan peningkatan koordinasi antardisiplin, efisiensi penggunaan sumber daya, serta mendukung pencapaian tujuan keberlanjutan melalui pengurangan pemborosan material dan peningkatan kualitas pengendalian proyek (Manurung & Sumadulloh, 2026). Dengan demikian, penerapan teknologi hijau tidak hanya memerlukan inovasi material dan sistem bangunan, tetapi juga transformasi proses rekayasa yang didukung teknologi digital.

Kajian yang secara khusus membahas dimensi etika dalam adopsi teknologi hijau di sektor konstruksi, terutama dalam konteks Indonesia, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang ada lebih terfokus pada aspek teknis, ekonomi, atau kebijakan, sementara perspektif etika sering kali luput dari pembahasan mendalam. Padahal, tanpa landasan etika yang kuat, penerapan teknologi hijau berisiko menjadi sekadar formalitas sertifikasi tanpa substansi perubahan perilaku dan tanggung jawab yang sesungguhnya.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, penelitian ini mensintesis dimensi etika konstruksi hijau secara tematik dalam satu kerangka analisis terintegrasi yang belum ditemukan dalam kajian-kajian sebelumnya yang cenderung membahas aspek etika secara parsial dan terpisah. Kedua, sintesis dilakukan secara eksplisit dalam konteks Indonesia, dengan mempertimbangkan regulasi nasional, kondisi industri konstruksi lokal, dan kesenjangan kapasitas yang khas negara berkembang. Ketiga, penelitian ini menghasilkan rekomendasi kerangka etika yang dapat langsung dioperasionalkan oleh insinyur konstruksi maupun asosiasi profesi di Indonesia.

Berbeda dengan studi terdahulu yang umumnya membahas konstruksi hijau dari perspektif teknis, ekonomi, atau regulatif, penelitian ini mengembangkan kerangka etika rekayasa berbasis analisis tematik yang mengintegrasikan lima dimensi etika utama untuk konteks industri konstruksi Indonesia. Kontribusi ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan literatur yang ada sekaligus menjadi acuan praktis bagi insinyur, asosiasi profesi, dan pemangku kebijakan dalam mendorong adopsi teknologi hijau yang bertanggung jawab.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi dimensi-dimensi etika rekayasa yang relevan dalam penerapan teknologi hijau pada konstruksi; (2) menganalisis potensi konflik etis yang muncul dalam proses adopsi teknologi hijau; dan (3) merumuskan rekomendasi kerangka etika bagi insinyur konstruksi Indonesia dalam mengimplementasikan teknologi hijau secara bertanggung jawab.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian konseptual (conceptual review) berbasis analisis literatur tematik. Pendekatan ini dipilih karena topik etika rekayasa dalam konteks teknologi hijau pada konstruksi pada dasarnya merupakan persoalan normatif yang memerlukan sintesis argumentatif dari berbagai sumber teoritis, empiris, dan kebijakan, bukan pengumpulan data primer melalui eksperimen atau survei lapangan. Kajian konseptual berbasis tematik dinilai tepat untuk menghasilkan kerangka analisis yang koheren dan dapat dioperasionalkan dalam konteks praktik konstruksi Indonesia (Jaakkola, 2020).

Sumber dan Strategi Penelusuran Literatur

Sumber literatur yang digunakan mencakup: (1) artikel jurnal ilmiah terindeks Scopus, Web of Science, dan SINTA yang diterbitkan dalam rentang 2019–2024; (2) laporan teknis dari organisasi internasional seperti UNEP, IEA, dan IFC; (3) regulasi nasional yang relevan seperti Peraturan Menteri PUPR Nomor 9 Tahun 2021; dan (4) kode etik profesi dari PII dan ASCE. Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran meliputi: "green technology construction", "engineering ethics sustainable construction", "green building ethics", "konstruksi hijau Indonesia", dan "etika rekayasa lingkungan". Prioritas diberikan pada publikasi berbahasa Indonesia dan Inggris yang terbit dalam sepuluh tahun terakhir, dengan penekanan khusus pada studi-studi yang memiliki relevansi kontekstual terhadap kondisi negara berkembang.

Prosedur Analisis Tematik

Analisis dilakukan melalui tiga tahap. Pertama, tahap koding terbuka (open coding): setiap sumber literatur dibaca secara menyeluruh dan pernyataan-pernyataan yang berkaitan dengan nilai, tanggung jawab, atau implikasi moral dari konstruksi hijau diidentifikasi dan diberi kode tematik. Kedua, tahap pengelompokan tematik (thematic clustering): kode-kode tematik yang muncul dikelompokkan berdasarkan kesamaan makna dan ruang lingkupnya. Ketiga, tahap sintesis argumentatif: tema-tema yang telah dikelompokkan disintesis menjadi dimensi etika yang koheren, disertai analisis implikasi praktisnya bagi insinyur konstruksi Indonesia.

Penetapan Dimensi Etika

Proses koding tematik dimulai dengan pembacaan menyeluruh terhadap setiap sumber, dilanjutkan dengan penandaan pernyataan yang berkaitan dengan nilai, tanggung jawab, atau implikasi moral dari konstruksi hijau. Setiap pernyataan yang teridentifikasi kemudian diberi satu atau lebih kode tematik mengacu pada skema koding yang dikembangkan secara induktif. Tabel 2 menyajikan skema koding tematik yang digunakan beserta definisi operasionalnya.

Tabel 1. Skema Koding Tematik

Kode	Dimensi Etika	Definisi Operasional	Contoh Indikator dalam Teks
T1	Tanggung jawab antargenerasi	Pernyataan yang menegaskan kewajiban moral insinyur terhadap dampak konstruksi bagi generasi mendatang atau kelestarian lingkungan jangka panjang	<i>obligation to future generations; long-term environmental impact; sustainability beyond regulation</i>
T2	Keadilan sosial	Pernyataan tentang distribusi biaya/manfaat teknologi hijau, aksesibilitas, atau hak komunitas yang terdampak proyek konstruksi	<i>equity in green benefits; community participation; affordable green technology</i>
T3	Transparansi dan akuntabilitas	Pernyataan yang berkaitan dengan kejujuran klaim keberlanjutan, risiko greenwashing, dan	<i>greenwashing risk; operational performance gap; certification transparency</i>

		verifikasi kinerja operasional bangunan hijau	
T4	Dampak komunitas lokal dan tenaga kerja	Pernyataan tentang pengaruh adopsi teknologi hijau terhadap pekerja konstruksi, kearifan lokal, atau komunitas sekitar proyek	<i>local knowledge; workforce transition; skill gap; community rights</i>
T5	Konflik kepentingan ekonomi-etika	Pernyataan tentang ketegangan antara tekanan biaya/ekonomi dan tuntutan etika keberlanjutan dalam pengambilan keputusan konstruksi	<i>cost-ethics tradeoff; short-term vs long-term; stakeholder pressure</i>

Sebanyak 24 sumber literatur dianalisis secara menyeluruh mengikuti skema koding pada Tabel 1. Saturasi tematis (thematic saturation) dicapai setelah sumber ke-20, di mana penambahan empat sumber berikutnya tidak menghasilkan kode tema baru yang substantif. Satu sumber dapat memperoleh lebih dari satu kode tema, sebagaimana tercermin pada kolom "Kode Tema" di Tabel 1. Sintesis akhir menghasilkan rekomendasi kerangka etika rekayasa yang kontekstual untuk kondisi industri konstruksi di Indonesia.

Tabel 2. Karakteristik Sumber Literatur yang Dianalisis (n=24)

No	Penulis (Tahun)	Topik Utama	Kode Tema *	Jenis
1	Shen et al. (2022)	Keberlanjutan bangunan hijau	T1, T3	Artikel jurnal
2	Regúlez (2023)	Etika baru konstruksi berkelanjutan	T1, T2, T5	Artikel jurnal
3	IFC (2023)	Konstruksi hijau negara berkembang	T2, T5	Laporan institusi
4	Fitriani & Ajayi (2022)	Hambatan konstruksi berkelanjutan Indonesia	T2, T4	Artikel jurnal
5	Fakhabi et al. (2024)	IoT dan bangunan hijau	T3	Artikel jurnal
6	Tanveer et al. (2023)	Hambatan sertifikasi bangunan hijau	T3	Artikel jurnal
7	Fitriani (2023)	Peningkatan praktik konstruksi Indonesia	T2, T4	Artikel jurnal
8	Santoso et al. (2023)	Kinerja perusahaan konstruksi hijau	T1, T5	Artikel jurnal
9	Marpau ng (2023)	Konstruksi berkelanjutan Permen PUPR 9/2021	T1, T5	Artikel jurnal

10	Adhi & Muslim (2023)	Keterlibatan pemangku kepentingan	T2, T4	Artikel jurnal
11	UNEP (2020)	Emisi sektor bangunan global	T1	Laporan global
12	IEA (2022)	Energi sektor bangunan	T1, T3	Laporan global
13	Pradoto et al. (2022)	Industri konstruksi Indonesia	T1, T5	Prosiding
14	Jaakkola (2020)	Metodologi kajian konseptual	-	Artikel jurnal
15	Ajayi et al. (2023)	Pengurangan limbah konstruksi dan perubahan budaya	T2, T4	Artikel jurnal
16	Darko et al. (2019)	Driver adopsi teknologi hijau	T1, T2	Artikel jurnal
17	Geng et al. (2020)	Kualitas udara dan efisiensi bangunan	T3	Artikel jurnal
18	Hwang et al. (2021)	Prefabrikasi dan konstruksi hijau	T3, T4	Artikel jurnal
19	Zhao et al. (2022)	Inovasi rantai pasok bangunan hijau	T1, T3	Artikel jurnal

20	Lu et al. (2023)	Pengelolaan limbah konstruksi	T2, T4	Artikel jurnal
21	Wen et al. (2020)	Evaluasi alat penilaian bangunan hijau	T1, T3	Artikel jurnal
22	Alwan et al. (2022)	Keberlanjutan konstruksi berbasis Life Cycle Assessment	T1, T3, T5	Artikel jurnal
23	Tam et al. (2022)	Penilaian kinerja lingkungan konstruksi	T3, T5	Artikel jurnal
24	Hwang et al. (2020)	Pengetahuan PM untuk green construction	T4, T5	Artikel jurnal

*Keterangan kode tema: T1=Tanggung jawab antargenerasi; T2=Keadilan sosial; T3=Transparansi & akuntabilitas; T4=Dampak komunitas & pekerja; T5=Konflik kepentingan ekonomi-etika. Satu sumber dapat memiliki lebih dari satu kode tema.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Tematik

Berdasarkan analisis tematik terhadap 24 sumber literatur yang dikaji, diperoleh distribusi frekuensi kemunculan tema etika sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Frekuensi dihitung berdasarkan jumlah sumber yang secara eksplisit membahas tema tersebut, baik sebagai topik utama maupun sebagai bagian dari argumentasi yang dapat disintesis.

Tabel 3. Frekuensi Kemunculan Tema Etika dalam Literatur yang Dikaji (n=24)

No	Dimensi Etika	Frekuensi Kemunculan	Persentase (n=24)	Sumber Utama
1	Tanggung jawab	16	66,7%	Shen et al. (2022); UNEP

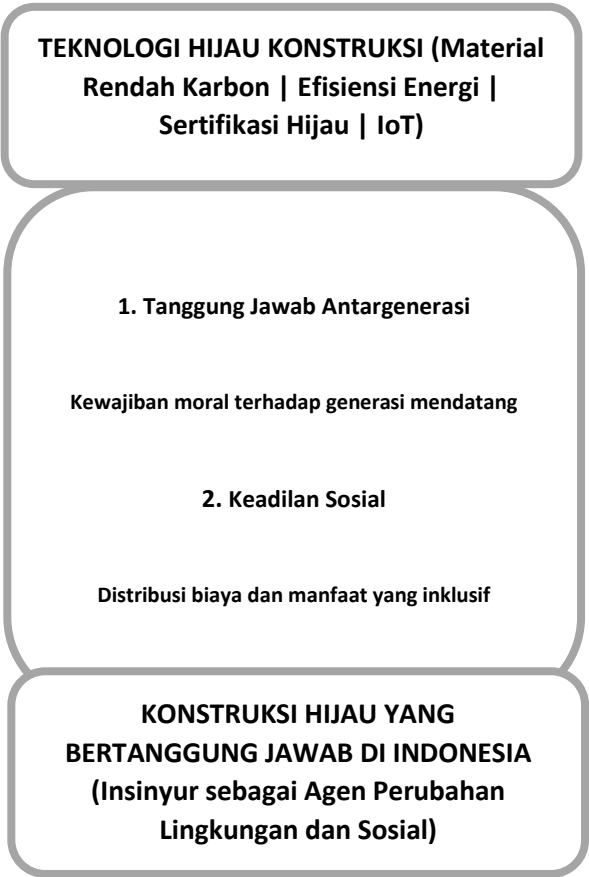
	antargenerasi			(2020); Regúlez (2023); IEA (2022); Zhao et al. (2022); Darko et al. (2019)
2	Keadilan sosial	14	58,3%	IFC (2023); Fitriani & Ajayi (2022); Durdyev et al. (2022); Ajayi et al. (2023)
3	Transparansi dan akuntabilitas sertifikasi	12	50,0%	Tanveer et al. (2023); Fakhabi et al. (2024); Hwang et al. (2021); Geng et al. (2020)
4	Dampak komunitas lokal dan tenaga kerja	11	45,8%	Fitriani (2023); Adhi & Muslim (2023); Wen et al. (2021); Marpaung (2023)
5	Konflik kepentingan	9	37,5%	Santoso et al. (2023);

	an ekonomi- etika			Regúlez (2023); Alwan et al. (2022); Pradoto et al. (2022)
--	-------------------------	--	--	---

Catatan: Satu sumber dapat berkontribusi pada lebih dari satu dimensi etika, sehingga total persentase melebihi 100%.

Hasil analisis tematik menunjukkan bahwa tanggung jawab antargenerasi merupakan tema yang paling dominan (66,7% sumber), diikuti oleh keadilan sosial (58,3%), transparansi dan akuntabilitas (50,0%), serta dampak terhadap komunitas lokal dan tenaga kerja (45,8%). Temuan ini mengkonfirmasi bahwa dimensi etika dalam konstruksi hijau bersifat multidimensional dan tidak dapat direduksi pada satu perspektif tunggal. Gambar 1 menyajikan kerangka konseptual yang merangkum hubungan antar kelima dimensi etika dalam konteks implementasi teknologi hijau konstruksi. Pembahasan mendalam atas masing-masing dimensi disajikan pada subbab berikutnya.

Gambar 1. Kerangka Konseptual Etika Rekayasa dalam Teknologi Hijau Konstruksi



Sumber: Sintesis penulis berdasarkan kajian literatur (2025)

Table 4 Dimensi Etika

No	Dimensi Etika	Isu Etis Utama	Implikasi Praktis bagi Insinyur
1	Tanggung jawab antargenerasi	Kewajiban moral terhadap generasi mendatang atas kerusakan lingkungan	Mendorong inovasi material rendah karbon dan praktik konstruksi yang melampaui standar minimum regulasi
2	Keadilan sosial	Distribusi biaya dan manfaat teknologi hijau yang tidak merata antar kelompok masyarakat	Memperjuangkan aksesibilitas teknologi hijau yang inklusif dan penghormatan terhadap hak-hak komunitas terdampak
3	Transparansi dan akuntabilitas	Risiko greenwashing dalam sertifikasi bangunan hijau	Memastikan klaim keberlanjutan dapat diverifikasi dan konsisten antara fase



			desain dengan kinerja operasional aktual
4	Dampak terhadap komunitas lokal dan tenaga kerja	Marginalisasi pekerja konvensional dan kearifan lokal dalam transisi menuju konstruksi hijau	Mengintegrasikan program pelatihan transisi yang adil dan menghormati pengetahuan lokal yang relevan
5	Konflik kepentingan ekonomi-etika	Tekanan biaya jangka pendek yang mendorong insinyur mengorbankan standar keberlanjutan	Menerapkan perspektif biaya siklus hidup (life cycle cost) dan pendekatan partisipatif untuk menyeimbangkan tuntutan ekonomi dan etika

Dimensi Etika dalam Teknologi Hijau Konstruksi

Berdasarkan distribusi frekuensi tema pada Tabel 3 dan kerangka konseptual pada Gambar 1, teridentifikasi lima dimensi etika utama dalam penerapan teknologi hijau pada konstruksi. Tabel 4 merangkum kelima dimensi beserta isu etis utama dan implikasi praktisnya bagi insinyur. Pembahasan mendalam atas masing-masing dimensi disajikan pada subbab.

Tanggung Jawab Antargenerasi sebagai Fondasi Etika Konstruksi Hijau

Tema T1 merupakan tema yang paling dominan, muncul pada 16 dari 24 sumber (66,7%). UNEP (2020) dan IEA (2022) melaporkan bahwa sektor bangunan bertanggung jawab atas sekitar 37–39% emisi CO₂ global dan mengonsumsi 36% energi akhir dunia. Fakta ini menempatkan insinyur konstruksi pada posisi etis yang kritis: setiap keputusan desain dan material yang diambil hari ini berdampak langsung terhadap kondisi lingkungan yang diwariskan kepada generasi mendatang. Zhao et al. (2022) menegaskan bahwa inovasi yang berorientasi keberlanjutan harus melampaui batas-batas proyek individual dan menjangkau dampak jangka panjang terhadap ekosistem.

Shen et al. (2022) berargumen bahwa insinyur memiliki kewajiban moral proaktif untuk melampaui standar minimum regulasi dan secara aktif mendorong inovasi demi keberlanjutan jangka panjang. Darko et al. (2019) mengidentifikasi bahwa komitmen terhadap lingkungan dan tanggung jawab sosial merupakan motivator yang paling konsisten dilaporkan oleh insinyur dan kontraktor dalam mengadopsi teknologi hijau, melampaui sekadar pertimbangan ekonomi. Di Indonesia, Marpaung (2023) mencatat bahwa implementasi Peraturan Menteri PUPR Nomor 9 Tahun 2021 masih menghadapi hambatan berupa keterbatasan kapasitas teknis dan lemahnya mekanisme pengawasan. Kondisi ini menegaskan bahwa perubahan etika membutuhkan lebih dari sekadar regulasi – melainkan transformasi nilai dalam komunitas profesional.

Keadilan Sosial dalam Distribusi Manfaat Teknologi Hijau

Dimensi keadilan sosial dalam teknologi hijau konstruksi berkaitan erat dengan pertanyaan fundamental: siapa yang menanggung biaya dan siapa yang menikmati manfaat dari adopsi teknologi hijau? Laporan International Finance Corporation (IFC, 2023) menegaskan bahwa negara-negara berkembang menghadapi paradoks etis yang serius dalam konteks ini. Di satu sisi, mereka adalah pihak yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim. Di sisi lain, kapasitas mereka untuk mengadopsi teknologi hijau justru paling terbatas. Keterbatasan akses pembiayaan, kesenjangan kapasitas teknologi, dan lemahnya rantai pasok material ramah lingkungan menjadi hambatan struktural yang sulit diatasi tanpa dukungan sistemik.

Kritik yang sering dilontarkan terhadap gerakan bangunan hijau adalah bahwa manfaatnya cenderung terpusat pada kalangan masyarakat menengah ke atas. Biaya premium yang dibutuhkan untuk teknologi hijau – yang pada beberapa kasus bisa mencapai 5–15% lebih tinggi dibandingkan konstruksi konvensional – secara efektif menciptakan hambatan ekonomi yang menghalangi masyarakat berpenghasilan rendah untuk menikmati manfaat bangunan hijau seperti efisiensi energi dan kualitas udara dalam ruangan yang lebih baik. Padahal, kelompok masyarakat inilah yang justru paling membutuhkan perlindungan dari dampak lingkungan yang buruk.

Dari perspektif etika rekayasa, kondisi ini mewajibkan insinyur dan pemangku kepentingan konstruksi untuk tidak hanya menerapkan teknologi hijau pada proyek-proyek komersial premium, tetapi juga secara aktif memperjuangkan inklusivitas teknologi hijau. Fitriani dan Ajayi (2022) menegaskan bahwa konstruksi yang benar-

benar berkelanjutan harus menjamin upah yang adil bagi pekerja, penghormatan terhadap nilai-nilai budaya lokal, serta partisipasi bermakna dari komunitas yang terdampak. Ajayi et al. (2023) menegaskan bahwa dimensi sosial keberlanjutan – termasuk perlindungan pekerja dan keterlibatan pemangku kepentingan lokal – tidak dapat dipisahkan dari dimensi lingkungan dalam konstruksi hijau yang bertanggung jawab. Lu et al. (2023) menambahkan bahwa pengelolaan limbah konstruksi yang adil juga merupakan bagian dari tanggung jawab sosial insinyur terhadap komunitas sekitar proyek.

Durdyev et al. (2022) menunjukkan bahwa hambatan terhadap konstruksi berkelanjutan di negara berkembang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berkaitan erat dengan keterbatasan dukungan institusional dan kapasitas sosial masyarakat. Temuan ini memperkuat argumen bahwa ketidakadilan dalam adopsi teknologi hijau bukan semata-mata persoalan ekonomi, melainkan juga persoalan tata kelola dan ekosistem kelembagaan yang harus diatasi secara sistemik.

Transparansi dan Akuntabilitas dalam Sertifikasi Bangunan Hijau

Sertifikasi bangunan hijau semestinya berfungsi sebagai mekanisme akuntabilitas yang memverifikasi klaim keberlanjutan suatu bangunan secara independen dan terstandar. Namun, Tanveer et al. (2023) menemukan bahwa sebagian besar sistem penilaian bangunan hijau yang ada terlalu menekankan penilaian pada fase desain dan konstruksi, sementara kinerja operasional aktual bangunan setelah selesai dibangun jarang dievaluasi secara sistematis. Kesenjangan antara klaim keberlanjutan saat konstruksi dengan kinerja aktual saat operasional inilah yang menimbulkan risiko greenwashing.

Dari perspektif etika rekayasa, greenwashing merupakan pelanggaran serius terhadap prinsip kejujuran dan integritas profesional. Insinyur yang mengetahui atau berkontribusi pada klaim keberlanjutan yang menyesatkan tidak hanya melanggar kode etik profesi, tetapi juga mengikis kepercayaan publik terhadap gerakan konstruksi hijau secara keseluruhan. Fakhabi et al. (2024) merekomendasikan penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memantau kinerja energi dan lingkungan bangunan secara real-time sebagai solusi teknis terhadap masalah greenwashing. Geng et al. (2020) menemukan bahwa kesenjangan antara desain dan kinerja operasional aktual tidak hanya berdampak pada lingkungan tetapi juga pada kesehatan penghuni, memperkuat argumen bahwa akuntabilitas insinyur harus mencakup fase operasional. Tam et al. (2022) mengembangkan kerangka penilaian kinerja lingkungan konstruksi yang memungkinkan verifikasi klaim keberlanjutan secara lebih sistematis. Dari perspektif etika, ketiga pendekatan ini sejalan dengan prinsip akuntabilitas profesional yang menuntut insinyur bertanggung jawab tidak hanya atas hasil pekerjaan saat selesai dibangun, tetapi juga atas dampak jangka panjangnya.

Selain pemanfaatan Internet of Things (IoT), transparansi dan akuntabilitas dalam proyek konstruksi juga dapat diperkuat melalui penerapan *Building Information Modeling* (BIM). Integrasi BIM memungkinkan seluruh informasi desain, perubahan pekerjaan,

koordinasi antardisiplin, hingga dokumentasi pelaksanaan proyek terdigitalisasi secara sistematis sehingga memudahkan proses penelusuran (*traceability*) dan pengambilan keputusan yang lebih akuntabel. Manurung dan Sumadulloh (2026) menunjukkan bahwa optimalisasi BIM pada proyek EPC mampu meningkatkan koordinasi desain sipil-struktur, mengurangi potensi kesalahan koordinasi, serta mendukung efisiensi pelaksanaan proyek. Dalam konteks konstruksi hijau, kemampuan tersebut menjadi faktor pendukung penting untuk memastikan bahwa prinsip keberlanjutan yang direncanakan pada tahap desain dapat diimplementasikan secara konsisten hingga tahap konstruksi.

Dampak terhadap Komunitas Lokal dan Tenaga Kerja Konstruksi

Dimensi etika keempat berkaitan dengan dampak proyek konstruksi hijau terhadap komunitas lokal dan tenaga kerja. Fitriani (2023) mencatat bahwa dalam konteks Indonesia, kesenjangan keterampilan (*skill gap*) antara kebutuhan industri konstruksi hijau dan ketersediaan tenaga kerja terampil merupakan salah satu hambatan terbesar yang harus diatasi secara sistemik. Tanpa program pelatihan dan transisi yang memadai, adopsi teknologi hijau berisiko menciptakan ketidakadilan baru bagi pekerja konstruksi konvensional yang kehilangan relevansi akibat otomatisasi dan perubahan teknologi.

Hwang et al. (2021) menemukan bahwa penggunaan prefabrikasi dan teknologi konstruksi modern, meskipun memberikan manfaat lingkungan yang signifikan, memerlukan keterampilan yang berbeda dari konstruksi konvensional. Hal ini mengimplikasikan bahwa adopsi teknologi hijau harus disertai program alih keterampilan yang terencana agar pekerja konvensional tidak terpinggirkan. Wen et al. (2020) dalam kajian evaluasi alat penilaian bangunan hijau menemukan bahwa instrumen sertifikasi yang tidak mempertimbangkan konteks lokal berisiko menciptakan ketidakadilan ekologis yang justru ditanggung oleh komunitas setempat.

Di sisi lain, kearifan lokal dalam konstruksi – seperti teknik bangunan tradisional yang memanfaatkan material lokal dan beradaptasi dengan iklim setempat – seringkali mengandung prinsip-prinsip keberlanjutan yang telah teruji selama berabad-abad. Insinyur yang mengabaikan potensi kearifan lokal ini tidak hanya kehilangan sumber daya pengetahuan yang berharga, tetapi juga berpotensi melanggar prinsip penghormatan terhadap komunitas yang menjadi bagian dari kode etik profesi. Integrasi kearifan lokal ke dalam pendekatan konstruksi hijau modern justru dapat menghasilkan solusi yang lebih kontekstual, terjangkau, dan berkelanjutan secara ekologis maupun sosial.

Konflik Kepentingan antara Tuntutan Etis dan Tekanan Ekonomi

Realitas praktik konstruksi seringkali menempatkan insinyur dalam situasi konflik antara tuntutan etis dan tekanan ekonomi. Santoso et al. (2023) menunjukkan bahwa perspektif jangka pendek yang dominan di kalangan pemilik proyek menjadi penghambat utama adopsi etika konstruksi hijau. Ketika klien atau pemberi kerja menekan insinyur untuk memangkas biaya dengan mengorbankan standar

keberlanjutan, insinyur dihadapkan pada dilema etis yang menguji integritas profesionalnya.

Adhi dan Muslim (2023) menyoroti pentingnya keterlibatan pemangku kepentingan secara bermakna dalam implementasi konstruksi berkelanjutan sebagai mekanisme untuk menyeimbangkan berbagai kepentingan yang saling bersaing. Pendekatan partisipatif ini tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis tetapi juga memperkuat legitimasi etis dari keputusan yang diambil, karena melibatkan semua pihak yang terdampak dalam proses pengambilan keputusan.

Hwang et al. (2020) menemukan bahwa insinyur yang memiliki pengetahuan manajemen proyek hijau yang kuat lebih mampu mengelola tekanan ekonomi tanpa mengorbankan standar keberlanjutan. Temuan ini menunjukkan bahwa dilema ekonomi-etika sering kali merupakan masalah kompetensi dan perspektif waktu, bukan konflik yang tak teratasi.

Dari perspektif etika Kantian, insinyur tidak seharusnya memperlakukan lingkungan dan masyarakat semata-mata sebagai sarana untuk mencapai tujuan ekonomi, melainkan sebagai tujuan yang memiliki nilai intrinsik dan perlu dilindungi. Prinsip ini memberikan landasan filosofis yang kuat bagi komitmen profesi insinyur terhadap konstruksi hijau yang bukan sekadar memenuhi tuntutan pasar, melainkan merupakan ekspresi nyata dari tanggung jawab moral terhadap keberlangsungan kehidupan manusia dan ekosistem bumi.

Rekomendasi Kerangka Etika Rekayasa untuk Konstruksi Hijau Indonesia

Berdasarkan hasil analisis terhadap kelima dimensi etika yang telah dipaparkan, penelitian ini merumuskan kerangka etika rekayasa yang dapat dijadikan acuan bagi insinyur konstruksi Indonesia dalam mengimplementasikan teknologi hijau. Tabel 5 menyajikan kerangka tersebut beserta prinsip etika yang mendasari dan rekomendasi tindakan konkret (Tabel 5).

Tabel 5. Rekomendasi Kerangka Etika Rekayasa untuk Konstruksi Hijau Indonesia

Dimensi Etika	Prinsip Etika yang Mendasari	Rekomendasi Tindakan
Tanggung jawab antargenerasi	Stewardship lingkungan; etika kebajikan (virtue ethics)	Insinyur secara aktif mendorong inovasi material rendah karbon dan melampaui standar minimum

		regulasi dalam setiap proyek
Keadilan sosial	Keadilan distributif; etika kepedulian (ethics of care)	Memperjuangkan skema subsidi atau insentif untuk teknologi hijau bagi segmen perumahan masyarakat berpenghasilan rendah
Transparansi dan akuntabilitas	Integritas profesional; kejujuran teknis	Menerapkan sistem monitoring IoT pascakonstruksi dan mempublikasikan data kinerja energi bangunan secara transparan
Dampak terhadap komunitas lokal dan tenaga kerja	Penghormatan terhadap otonomi komunitas; keadilan prosedural	Mengintegrasikan kearifan lokal dan menyediakan program pelatihan transisi

		yang adil bagi pekerja konstruksi yang terdampak perubahan teknologi
Konflik kepentingan ekonomi-etika	Tanggung jawab profesional dan etika deontologis	Menggunakan life-cycle cost analysis dalam setiap keputusan desain dan mempertahankan standar keberlanjutan meskipun menghadapi tekanan biaya jangka pendek dari pemilik proyek

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui secara transparan. Pertama, pendekatan kajian konseptual yang digunakan belum dapat mengukur tingkat internalisasi etika konstruksi hijau secara empiris di kalangan praktisi. Temuan dan rekomendasi yang dihasilkan bersifat normatif-konseptual, sehingga membutuhkan validasi empiris lebih lanjut melalui survei atau wawancara terhadap insinyur dan kontraktor konstruksi. Kedua, penelusuran literatur dilakukan pada empat basis data utama sehingga kemungkinan terdapat studi relevan di basis data lain yang belum tercakup. Ketiga, sebagian besar literatur yang dianalisis berasal dari konteks internasional, sehingga transferabilitasnya ke konteks spesifik Indonesia perlu diuji lebih

lanjut. Keempat, analisis tematik bersifat interpretatif sehingga mengandung unsur subjektivitas peneliti dalam proses koding dan pengelompokan tema.

Keterbatasan tersebut membuka ruang bagi agenda penelitian lanjutan yang lebih empiris. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode survei atau wawancara mendalam terhadap insinyur, kontraktor, dan pemangku kepentingan konstruksi di Indonesia untuk memvalidasi kerangka etika yang dihasilkan dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis tematik terhadap 24 sumber literatur yang dikaji, penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi hijau dalam konstruksi mengandung lima dimensi etika yang tidak dapat diabaikan: tanggung jawab antargenerasi (66,7%), keadilan sosial (58,3%), transparansi dan akuntabilitas (50,0%), dampak terhadap komunitas lokal dan tenaga kerja (45,8%), serta konflik kepentingan ekonomi-etika (37,5%). Kelima dimensi ini bersifat saling terkait dan membentuk kerangka etika yang komprehensif sebagaimana digambarkan dalam Gambar 1.

Temuan analisis menegaskan tiga hal utama. Pertama, insinyur konstruksi memiliki kewajiban moral antargenerasi yang belum sepenuhnya terakomodasi dalam standar profesi nasional, sehingga pembaruan kode etik PII yang lebih eksplisit mengatur tanggung jawab lingkungan menjadi mendesak, sebagaimana ditegaskan Regúlez (2023) bahwa perubahan etika profesi merupakan prasyarat utama transformasi konstruksi berkelanjutan. Kedua, greenwashing teridentifikasi sebagai risiko etis sistemik yang membutuhkan solusi teknis berupa monitoring IoT pascakonstruksi dan solusi institusional berupa reformasi sistem sertifikasi bangunan hijau. Ketiga, transisi menuju konstruksi hijau berisiko menciptakan ketidakadilan baru bagi pekerja konvensional dan komunitas lokal apabila tidak disertai program pelatihan transisi yang terencana.

Kontribusi utama penelitian ini adalah tersedianya kerangka etika rekayasa terintegrasi yang mengombinasikan kelima dimensi etika dalam satu model konseptual yang dapat langsung dioperasionalkan oleh insinyur, asosiasi profesi, dan pemangku kebijakan di Indonesia. Penelitian lanjutan disarankan untuk memvalidasi kerangka ini secara empiris melalui survei terhadap praktisi konstruksi dan mengembangkan instrumen pengukuran kinerja etika konstruksi hijau yang terstandar untuk konteks Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, A. B., & Muslim, F. (2023). Development of stakeholder engagement strategies to improve sustainable construction implementation based on lean construction principles. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 30(2), 115–128.

- Fakhabi, S. M., Alinejad, M., Nouri, A., & Mohammadi, A. (2024). Exploring the role of the Internet of Things in green buildings. *Energy Science & Engineering*, 12(4), 1840–1860. <https://doi.org/10.1002/ese3.1840>
- Fitriani, H. (2023). Investigation of requisite measures for enhancing sustainable construction practices in Indonesia. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(6), 2602–2620. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2021-1051>
- Fitriani, H., & Ajayi, S. (2022). Barriers to sustainable practices in the Indonesian construction industry. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(10), 2028–2050. <https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2057281>
- International Energy Agency (IEA). (2022). Buildings. Diakses dari <https://www.iea.org/topics/buildings>
- International Finance Corporation (IFC). (2023). Sustainable construction in emerging markets: Building green report 2023. Washington DC: World Bank Group.
- Jaakkola, E. (2020). Designing conceptual articles: Four approaches. *AMS Review*, 10(1), 18–26. <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0>
- Marpaung, B. (2023). Konstruksi berkelanjutan di Indonesia berdasarkan Permen PUPR No. 9 Tahun 2021: A review. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 8(1), 27–38.
- Pradoto, H., Wibowo, A., & Soenarto, S. (2022). Construction industry sustainability in Indonesia: Challenges and prospects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 997, 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/997/1/012007>
- Regúlez, M. (2023). Sustainability in construction: The urgent need for a new ethics. *Structural Concrete*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.1002/suco.202200406>
- Santoso, R., Mubarak, E. S., Permana, E., & Purnomo, M. (2023). Sustainable performance improvement of construction services companies in Jakarta through implementation of green construction. *AdBispreneur: Jurnal Pemikiran dan Penelitian Administrasi Bisnis dan Kewirausahaan*, 9(1), 44–57.
- Shen, L., Wu, Y., & Chan, E. H. W. (2022). Sustainability considerations of green buildings: A detailed overview on current advancements and future considerations. *Sustainability*, 14(21), 14393. <https://doi.org/10.3390/su142114393>
- Tanveer, A., Ahmad, A., & Rehman, S. (2023). Obstacles to green building accreditation during operating phases: Identifying challenges and solutions for sustainable development. *Architectural Engineering and Design Management*, 20(4), 350–366. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2280697>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Global status report for buildings and construction 2020. Nairobi: UNEP.
- Alwan, Z., Greenwood, D., & Garvey, B. (2022). Mapping sustainable construction in practice: A framework connecting principles to action. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 652–664. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.006>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Owusu-Manu, D. G., & Ameyaw, E. E. (2019). Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. *Journal of Cleaner Production*, 157, 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.105>

- Geng, Y., Ji, W., Lin, B., Hong, J., & Zhu, Y. (2020). Impacts of air quality on building energy consumption: A review. *Sustainable Cities and Society*, 56, 102085. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102085>
- Hwang, B. G., Shan, M., & Phua, H. (2021). An investigation of the adoption of prefabrication technologies in Singapore construction projects. *International Journal of Construction Management*, 21(5), 455–465. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1530665>
- Zhao, X., Pan, W., & Lu, W. (2022). Greening buildings through supply-side innovation: A thematic analysis of international research. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132976. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132976>
- Durdyev, S., Zavadskas, E. K., Thurnell, D., Banaitis, A., & Ihtiyar, A. (2022). Sustainable construction industry in Cambodia: Awareness, drivers and barriers. *Sustainability*, 10(2), 392. <https://doi.org/10.3390/su10020392>
- Wen, B., Musa, S. N., Onn, C. C., Ramesh, S., Liang, L., Wang, W., & Ma, K. (2020). The evolution and prospect of green building assessment tools. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118919. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118919>
- Ajayi, S. O., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., & Bilal, M. (2023). Waste-conscious design and construction: Attitudes of built environment professionals. *Sustainability*, 15(3), 2156. <https://doi.org/10.3390/su15032156>
- Tam, V. W. Y., Tam, C. M., & Zeng, S. X. (2022). Environmental performance assessment: Development of a construction industry review framework. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129840. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129840>
- Hwang, B. G., Shan, M., & Looi, K. Y. (2020). Knowledge-based decision support system for green building projects: A case study in Singapore. *Automation in Construction*, 120, 103366. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103366>
- Manurung, E. H., & Sumadulloh, S. (2026). Analisis optimalisasi integrasi BIM (Tekla Structures) untuk desain civil structural dan koordinasi pada proyek EPC oil & gas. *SINERGI: Jurnal Riset Ilmiah*, 3(1), 437–450. <https://doi.org/10.62335/sinergi.v3i1.2294>