

Model Integrasi Konsep *Green Building* dalam Sistem Pemeliharaan Berkelanjutan untuk Meningkatkan Nilai *Life Cycle* Rumah Tinggal Sederhana

Dara Wisdianti^{1*}, Rahmadhani Fitri²

¹Universitas Pembangunan Panca Budi, darawisdianti@dosen.pancabudi.ac.id

²Universitas Pembangunan Panca Budi, rahmadhanifitri@dosen.pancabudi.ac.id

*Korespondensi email: darawisdianti@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract: *This research aims to develop a model that integrates green building concepts into a sustainable maintenance system, ultimately enhancing the life cycle value of Modest Houses (RTS) in Indonesia. The rationale for this study stems from the building sector's high energy consumption and emissions, coupled with current maintenance practices for modest houses that remain conventional, reactive, and focused on initial costs—thereby neglecting long-term efficiency. Utilizing a Research and Development (R&D) mixed-methods approach, this study maps the gap between GBCI GREEN HOMES principles and existing maintenance practices. It identifies relevant green building criteria during the operation and maintenance phases to design a practical and applicable maintenance model. The proposed model is tested and validated on selected RTS units through observations, interviews, and simple simulations to evaluate its economic and environmental impacts, as well as its effect on occupant comfort. The output of this research is a sustainable maintenance guideline designed to reduce operational costs, minimize environmental impacts, and extend the lifespan of modest houses. Simultaneously, it supports the broader sustainable development agenda and the transition toward healthier, more energy-efficient residential buildings.*

Keywords: *Green Building, Modest Houses, Sustainable Maintenance, Life Cycle.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengembangkan model integrasi konsep *green building* dalam sistem pemeliharaan berkelanjutan untuk meningkatkan nilai *life cycle* rumah tinggal sederhana (RTS) di Indonesia. Latar belakang penelitian didasarkan pada tingginya konsumsi energi dan emisi sektor bangunan serta praktik pemeliharaan RTS yang masih bersifat konvensional, reaktif, dan berorientasi pada biaya awal, sehingga mengabaikan efisiensi jangka panjang. Melalui pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan metode campuran kualitatif dan kuantitatif, penelitian ini memetakan kesenjangan antara prinsip GBCI *GREEN HOMES* dan praktik pemeliharaan eksisting, mengidentifikasi kriteria *green building* yang relevan pada fase operasi dan pemeliharaan, serta merancang model pemeliharaan yang sederhana dan aplikatif. Model diuji dan divalidasi pada RTS terpilih melalui observasi, wawancara, dan simulasi sederhana untuk mengestimasi dampaknya terhadap aspek ekonomi, lingkungan, dan kenyamanan penghuni. Luaran penelitian berupa panduan pemeliharaan berkelanjutan yang diharapkan mampu menekan biaya operasional, mengurangi dampak lingkungan, serta memperpanjang usia pakai RTS, sekaligus mendukung agenda pembangunan berkelanjutan dan transisi menuju bangunan hunian yang lebih efisien dan sehat.

Kata kunci: *Green Building, Rumah Tinggal Sederhana, Pemeliharaan Berkelanjutan, Life Cycle.*

PENDAHULUAN

Sektor bangunan secara global berkontribusi sekitar 40% terhadap konsumsi energi dan hampir 30% terhadap emisi gas rumah kaca, sehingga menjadi salah satu sektor strategis dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Di Indonesia, pembangunan rumah tinggal sederhana (RTS) yang berkembang secara masif, baik melalui pengembang formal maupun swadaya masyarakat, masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berorientasi pada pemenuhan kebutuhan hunian dengan biaya awal rendah (*first cost*). Pendekatan tersebut cenderung mengabaikan aspek keberlanjutan, khususnya pada fase operasi dan pemeliharaan (*operation and maintenance/O&M*), padahal sekitar 80–85% total biaya siklus hidup bangunan (*life cycle cost*) terjadi pada fase tersebut. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya konsumsi energi dan air,

tingginya frekuensi kerusakan, serta membengkaknya biaya operasional dan perbaikan seiring bertambahnya usia bangunan.

Konsep *green building* yang telah dikembangkan melalui berbagai perangkat penilaian, seperti *GBCI GREEN HOMES*, pada umumnya masih berfokus pada tahap perencanaan dan konstruksi bangunan baru. Implementasi prinsip *green building* pada bangunan eksisting, khususnya dalam sistem pemeliharaan RTS, masih sangat terbatas dan belum terintegrasi secara sistematis dalam praktik pemeliharaan sehari-hari. Akibatnya, terjadi kesenjangan antara prinsip *green building* yang menekankan efisiensi sumber daya, kesehatan penghuni, serta kinerja bangunan jangka panjang dengan praktik pemeliharaan RTS yang bersifat reaktif, tidak terjadwal, dan kurang memperhatikan aspek lingkungan. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan performa bangunan, seperti menurunnya kenyamanan termal, kualitas pencahayaan alami, dan efisiensi penggunaan air, yang pada akhirnya memperpendek umur layanan bangunan dan menurunkan kualitas hunian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan model integrasi konsep *green building GBCI* ke dalam sistem pemeliharaan bangunan yang terencana dan berkelanjutan pada rumah tinggal sederhana. Model yang dikembangkan dirancang untuk menjembatani prinsip *green building* dengan praktik pemeliharaan yang realistis, aplikatif, dan mudah diterapkan oleh masyarakat. Penerapan model ini diharapkan mampu meningkatkan nilai siklus hidup rumah (*life cycle value*), tidak hanya dari aspek ekonomi melalui penghematan biaya operasional dan pemeliharaan, tetapi juga dari aspek lingkungan dan sosial melalui peningkatan efisiensi sumber daya, kesehatan, serta kenyamanan penghuni dalam jangka panjang.

Adapun beberapa hal yang menjadikan penelitian ini penting, yaitu:

1. Mengisi Celah Pengetahuan, memfokuskan pada fase O&M yang sering terabaikan dalam literatur *green building* untuk segmen RTS.
2. Dampak Sosial-Ekonomi Langsung, memberikan solusi konkret bagi masyarakat berpenghasilan rendah hingga menengah untuk mengurangi biaya listrik, air, dan perbaikan rumah jangka panjang.
3. Dukungan pada Agenda Nasional: Mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs).
4. Operasionalisasi Rating Tool: Mentransformasi prinsip *GBCI GREEN HOMES* dari sekedar alat sertifikasi menjadi panduan hidup (*living guideline*) untuk pemeliharaan sehari-hari.
5. Kebaruan (*Novelty*): Mengembangkan model integrasi yang bersifat aplikatif dan kontekstual untuk kondisi RTS di Indonesia, yang belum banyak dikaji secara komprehensif.

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana memetakan kesenjangan antara prinsip *green building GBCI* (khususnya pada aspek O&M) dengan praktik pemeliharaan konvensional RTS yang ada saat ini, komponen dan kriteria apa saja dari *GBCI GREEN HOMES* yang paling relevan dan dapat diintegrasikan ke dalam sistem pemeliharaan RTS untuk meningkatkan nilai *life cycle*-nya, bagaimana bentuk model integrasi konsep *green building* ke dalam sistem pemeliharaan berkelanjutan untuk RTS yang efektif, sederhana, dan mudah diadopsi oleh masyarakat, dan seberapa besar potensi peningkatan nilai *life cycle* (dalam aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial) yang dapat dicapai melalui penerapan model tersebut.

Adapun tujuan utama penelitian adalah mengembangkan sebuah model integrasi konsep *green building GBCI* ke dalam sistem pemeliharaan berkelanjutan untuk meningkatkan nilai *life cycle* RTS. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kesenjangan antara prinsip pemeliharaan *green building* dan praktik pemeliharaan RTS yang ada.
2. Mengidentifikasi dan memprioritaskan komponen bangunan serta kriteria *green homes* yang kritis dan dapat diintervensi pada fase pemeliharaan.
3. Merumuskan dan mendesain model integrasi yang meliputi: prosedur, *checklist*, jadwal, dan rekomendasi teknis pemeliharaan berkelanjutan.
4. Mengestimasi potensi peningkatan nilai *life cycle* (penghematan biaya, pengurangan jejak lingkungan, peningkatan kenyamanan) dari penerapan model.

SOLUSI DAN TARGET LUARAN

Konsep bangunan hijau (*green building*) merupakan pendekatan terintegrasi dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan bangunan yang bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas penghuninya. Pendekatan ini berlandaskan pada pemikiran siklus hidup (*life cycle thinking*), di mana kinerja keberlanjutan suatu bangunan harus dievaluasi sejak tahap perencanaan hingga akhir masa layannya (*cradle to grave*). Dalam konteks ini, fase operasi dan pemeliharaan memegang peranan yang sangat vital karena menyumbang porsi terbesar terhadap konsumsi energi, air, dan biaya siklus hidup secara keseluruhan. Prinsip utamanya mencakup optimalisasi pencahayaan dan ventilasi alami, penggunaan peralatan dan perlengkapan hemat sumber daya, pemilihan material tahan lama, serta peningkatan kualitas udara dalam ruang dan manajemen lingkungan secara komprehensif.

Di Indonesia, implementasi prinsip tersebut difasilitasi oleh Green Building Council Indonesia (GBCI) melalui berbagai perangkat penilaian, salah satunya adalah *GREEN HOMES Rating Tools*. Instrumen ini dirancang khusus untuk rumah tinggal guna menilai dan meningkatkan kinerja keberlanjutan dari aspek lingkungan, kesehatan, dan efisiensi sumber daya. Kriteria di dalamnya sangat relevan dengan fase operasi, mendorong upaya seperti pemanfaatan elemen alami, pemeliharaan bukaan, perawatan instalasi air, hingga pengelolaan limbah rumah tangga. Namun, penerapannya kerap berfokus pada tahap konstruksi baru dan menghadapi kendala ketika diaplikasikan pada operasional hunian eksisting. Tantangan ini sangat terasa pada rumah tinggal sederhana (RTS), di mana terdapat keterbatasan pengetahuan penghuni, minimnya panduan teknis yang aplikatif, serta keterbatasan anggaran operasional.

Akibat keterbatasan tersebut, RTS memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap berbagai bentuk kerusakan bangunan. Praktik pemeliharaan yang masih bersifat reaktif dan tidak terencana menyebabkan kerusakan kecil—seperti retak rambut, pengelupasan cat, kebocoran atap, serta memburuknya sirkulasi udara akibat ventilasi tertutup—berkembang menjadi masalah yang merugikan. Secara konseptual, setiap kerusakan fisik maupun fungsional ini mencerminkan kegagalan pemenuhan indikator dalam *GREEN HOMES*. Kerusakan atap dan dinding menunjukkan rendahnya durabilitas material; kerusakan jendela berdampak buruk pada indikator kesehatan dan kenyamanan penghuni; sedangkan instalasi pipa yang bocor langsung mencederai prinsip efisiensi energi dan air. Oleh karena itu, kerusakan pada RTS bukan semata persoalan teknis, melainkan cerminan dari rendahnya pengetahuan, sikap, dan praktik penghuni dalam merawat bangunannya.

Untuk memutus siklus kerusakan reaktif tersebut, diperlukan transisi menuju sistem pemeliharaan bangunan berkelanjutan. Berbeda dengan metode konvensional, sistem ini menempatkan pemeliharaan preventif dan prediktif sebagai bagian strategis

dari manajemen bangunan jangka panjang. Keputusan perawatan tidak lagi hanya berorientasi pada penyelesaian masalah sesaat, tetapi didasarkan pada pertimbangan *life cycle cost*, efisiensi operasional, dan kualitas lingkungan dalam ruang. Sistem pemeliharaan berkelanjutan berfungsi sebagai mekanisme implementatif untuk memastikan kriteria-kriteria ideal dari *GREEN HOMES* dapat benar-benar dipraktikkan secara konsisten sepanjang usia pakai bangunan.

Agar sistem pemeliharaan berkelanjutan ini berhasil diterapkan pada rumah tinggal sederhana, pendekatannya harus dirancang secara spesifik, sederhana, dan berbiaya rendah tanpa mengabaikan prinsip keberlanjutan. Fokus utamanya adalah membiasakan penghuni melakukan inspeksi preventif secara rutin pada elemen esensial seperti atap, dinding, bukaan, serta utilitas dasar. Karena perawatan RTS umumnya dikelola secara mandiri, keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada partisipasi aktif dan perubahan perilaku penghuni. Dengan dukungan panduan praktis berupa daftar periksa dan jadwal sederhana, penghuni dapat mengintegrasikan kebiasaan hemat energi dan air ke dalam aktivitas sehari-hari. Pada akhirnya, penerapan sistem ini tidak hanya berfungsi mencegah kerusakan fisik bangunan, tetapi menjadi strategi esensial untuk meningkatkan nilai *life cycle* hunian, menekan biaya perbaikan jangka panjang, dan menciptakan lingkungan hidup yang lebih sehat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan (*applied research*) dengan metode Research and Development (R&D) yang dikombinasikan dengan pendekatan campuran (*mixed methods*), yaitu integrasi antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian tidak hanya untuk memahami fenomena, tetapi juga untuk menghasilkan sebuah model praktis berupa integrasi konsep *green building* GBCI ke dalam sistem pemeliharaan berkelanjutan rumah tinggal sederhana (RTS).

Pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali secara mendalam praktik pemeliharaan RTS yang berlangsung saat ini, mengidentifikasi kesenjangan antara prinsip *green building* GBCI (khususnya pada aspek operasi dan pemeliharaan) dengan kondisi eksisting, serta memahami persepsi, pengetahuan, dan perilaku penghuni dalam merawat rumah. Pendekatan ini dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara mendalam, dan *focus group discussion* (FGD) dengan penghuni, tukang bangunan, serta pakar *green building* dan manajemen fasilitas.

Sementara itu, pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis kinerja bangunan secara objektif, meliputi kondisi fisik komponen bangunan, performa lingkungan dalam ruang (suhu, kelembapan, dan pencahayaan), serta data konsumsi energi dan air. Data kuantitatif ini digunakan untuk mengevaluasi dampak penerapan model pemeliharaan berkelanjutan terhadap peningkatan efisiensi sumber daya dan nilai *life cycle* rumah tinggal sederhana melalui analisis deskriptif dan simulasi biaya-manfaat sederhana.

Lokasi penelitian dilaksanakan di kota Medan sebagai objek studi kasus bangunan hijau. Waktu penelitian selama 4 (empat) bulan, yang meliputi tahap persiapan, pengumpulan data lapangan, analisis data, dan penyusunan laporan penelitian.

Penelitian ini difokuskan pada populasi rumah tinggal sederhana (RTS) di wilayah perkotaan padat, khususnya di Kota Medan, baik yang dibangun melalui pengembang formal maupun secara swadaya oleh masyarakat dengan karakteristik keterbatasan luas dan teknologi konstruksi sederhana. Untuk memastikan keabsahan evaluasi, sampel yang dipilih harus memenuhi kriteria spesifik, yakni bangunan berusia lebih dari lima tahun—sehingga telah melewati fase operasi dan pemeliharaan yang

memadai untuk dianalisis—serta masih dihuni secara aktif. Responden utama dalam penelitian ini adalah penghuni atau pemilik rumah untuk menggali data perilaku dan kebiasaan. Di samping itu, penelitian ini juga melibatkan informan kunci yang terdiri dari pakar dan praktisi *green building*, khususnya dari *Green Building Council Indonesia* (GBCI), serta akademisi terkait guna memvalidasi dan menyempurnakan model pemeliharaan berkelanjutan.

Untuk mengkaji kondisi sampel RTS tersebut, penelitian ini menetapkan tiga parameter operasional utama, yaitu parameter teknis, ekonomi-lingkungan, dan perilaku. Secara teknis, pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung menggunakan daftar periksa terstruktur berdasarkan indikator *rating tool GBCI GREEN HOMES*, yang mencakup evaluasi fisik komponen bangunan (atap, dinding, lantai), sistem sanitasi, drainase, hingga keberadaan ruang terbuka hijau. Observasi ini didukung oleh dokumentasi visual serta pengukuran fisik secara objektif di berbagai ruang utama menggunakan instrumen seperti termometer, higrometer, *lux meter*, dan *moisture meter* untuk merekam performa suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya. Sementara itu, parameter ekonomi-lingkungan dievaluasi melalui studi dokumen, berupa analisis tagihan listrik dan air selama periode 6–12 bulan, guna mengetahui pola konsumsi sumber daya dan mengaitkannya dengan kondisi fisik serta perilaku penghuni sebelum dan sesudah intervensi.

Parameter perilaku, yang mencakup pengetahuan, sikap, dan praktik penghuni dalam pemeliharaan rumah, dieksplorasi secara kualitatif melalui wawancara mendalam yang bersifat semi-terstruktur. Wawancara ini melibatkan penghuni untuk menggali persepsi mengenai kenyamanan termal dan visual, kebiasaan perawatan bangunan, serta pemahaman tentang aspek ramah lingkungan. Wawancara juga dilakukan dengan tukang bangunan setempat guna menelusuri aspek teknis metode konstruksi, material, dan kendala penerapan prinsip *green building* di lapangan. Guna melakukan triangulasi dan memvalidasi seluruh temuan tersebut, diselenggarakan *Focus Group Discussion* (FGD) bersama para pakar, praktisi manajemen fasilitas, dan akademisi untuk mengevaluasi kesesuaian kondisi eksisting dengan kriteria *GREEN HOMES*, mengidentifikasi hambatan, serta merumuskan rekomendasi perbaikan.

Seluruh data kualitatif dan kuantitatif yang terkumpul kemudian diproses melalui tahapan analisis yang komprehensif. Data hasil observasi dan pengukuran fisik diolah menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, yang selanjutnya dikaji menggunakan analisis *gap* untuk membandingkan kesenjangan antara kondisi riil RTS dengan standar ideal *GREEN HOMES*. Aspek kelayakan ekonomi dari model pemeliharaan ini juga diperhitungkan melalui analisis biaya-manfaat sederhana dengan menghitung *Net Present Value* (NPV) atau *Payback Period* dari investasi pemeliharaan. Pada akhirnya, seluruh temuan diintegrasikan melalui analisis konten guna menyintesis dan merumuskan model pemeliharaan berkelanjutan yang aplikatif dan tepat sasaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi lapangan menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan Rumah Tinggal Sederhana (RTS) masih didominasi pendekatan reaktif. Penghuni umumnya baru melakukan perbaikan darurat saat terjadi kerusakan parah (seperti atap bocor atau instalasi rusak), tanpa adanya jadwal inspeksi rutin. Hal ini dipicu oleh rendahnya pemahaman penghuni mengenai pentingnya pemeliharaan preventif, sehingga aspek vital seperti efisiensi energi, efisiensi air, dan kenyamanan ruang kerap terabaikan.

Berdasarkan pedoman *GREENSHIP Homes GBCI* dan regulasi pemerintah (Permen PU No. 24/PRT/M/2008), pemeliharaan terencana dan preventif sangat krusial untuk menjaga kinerja bangunan selama masa pakainya. Prinsip *green building* tidak hanya

berlaku saat konstruksi, tetapi wajib diintegrasikan pada fase operasi dan pemeliharaan.

Penelitian ini merumuskan panduan pemeliharaan yang disederhanakan agar sesuai dengan kemampuan teknis dan sosial-ekonomi masyarakat. Melalui penggunaan daftar pemeriksaan (*checklist*) dan jadwal rutin, pendekatan preventif ini terbukti lebih efektif menekan tingkat kerusakan dan biaya perbaikan. Model ini menjadi jembatan praktis antara regulasi pemerintah dan prinsip *green building*, yang berdampak langsung pada peningkatan nilai *life cycle*, umur layanan bangunan, dan kualitas hidup penghuni.

Permasalahan utama pengelolaan RTS justru terletak pada fase operasi dan pemeliharaan, bukan sekadar pada perencanaan atau konstruksi. Praktik reaktif mempercepat degradasi fisik dan lingkungan bangunan. Mengingat 80–85% biaya siklus hidup bangunan terjadi pada masa pemanfaatan, pemeliharaan harus dipahami sebagai proses manajerial yang sistematis dan berkelanjutan, bukan sebatas perbaikan insidental.

Terdapat kesenjangan tajam antara praktik eksisting dengan standar GREENSHIP Homes. Kegagalan penerapan *green building* pada RTS bukan disebabkan oleh kendala teknologi, melainkan absennya manajemen pemeliharaan. Padahal, sebagian besar RTS secara fisik memiliki potensi desain pasif (seperti pencahayaan dan ventilasi alami) yang bisa optimal jika dirawat secara rutin.

Simulasi *life cycle cost* membuktikan bahwa pemeliharaan berkelanjutan berpotensi meningkatkan nilai ekonomi bangunan. Efisiensi biaya tercapai melalui penurunan beban operasional energi dan air, serta terhindarnya bangunan dari rehabilitasi skala besar. Secara sosial, peningkatan kualitas ruang berdampak langsung pada kesehatan dan kenyamanan penghuni, menjadikan pemeliharaan sebagai strategi esensial dalam pembangunan perumahan berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Setelah melaksanakan penelitian maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, diantaranya:

1. Sistem pemeliharaan rumah tinggal sederhana (RTS) yang selama ini diterapkan masih didominasi oleh pendekatan reaktif dan belum terintegrasi dengan prinsip keberlanjutan, sehingga berdampak pada penurunan kinerja bangunan, meningkatnya konsumsi energi dan air, serta membengkaknya biaya operasional dan perbaikan dalam jangka panjang.
2. Hasil penelitian menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan antara praktik pemeliharaan RTS dan prinsip *green building* sebagaimana dirumuskan dalam GREENSHIP Homes GBCI, khususnya pada aspek efisiensi energi, efisiensi penggunaan air, kualitas lingkungan dalam ruang, dan manajemen pemeliharaan.
3. Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah model panduan pemeliharaan bangunan berkelanjutan yang mengintegrasikan prinsip *green building* GBCI dengan ketentuan pemeliharaan bangunan gedung sesuai regulasi nasional.
4. Model panduan yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi referensi praktis bagi masyarakat, pengembang, dan pemerintah daerah dalam upaya peningkatan kualitas hunian secara berkelanjutan.

Untuk itu, disarankan agar penghuni rumah tinggal sederhana mulai menerapkan sistem pemeliharaan bangunan yang terencana dan bersifat preventif dengan mengacu pada panduan pemeliharaan berbasis *green building* yang dihasilkan dalam penelitian ini guna menjaga kinerja bangunan dan menekan biaya operasional jangka panjang.

Pemerintah daerah dan pemangku kepentingan terkait juga diharapkan dapat memanfaatkan panduan ini sebagai bahan pendampingan dan sosialisasi dalam program peningkatan kualitas perumahan berkelanjutan. Selain itu, pengembang dan praktisi perumahan disarankan untuk mengintegrasikan aspek pemeliharaan berkelanjutan sejak tahap awal pemanfaatan bangunan.

Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan pengujian kuantitatif dan penerapan model pada skala yang lebih luas untuk memperkuat validitas serta keberlanjutan implementasi hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami dan Buatan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8153:2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2016). *Panduan Teknis Pemeliharaan Bangunan Gedung*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Green Building Council Indonesia (GBCI). (2013). *GREEN HOMES Rating Tools Version 1.0*. Jakarta: Green Building Council Indonesia.

Green Building Council Indonesia (GBCI). (2021). *Panduan Penerapan Bangunan Hijau di Indonesia*. Jakarta: GBCI.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau*. Jakarta: Kementerian PUPR.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Strategi Nasional Pembangunan Rendah Karbon*. Jakarta: KLHK.

Kodoatie, R. J. (2003). *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Pratama, R., & Nugroho, A. M. (2018). Analisis penerapan konsep green building pada rumah tinggal sederhana di kawasan perkotaan. *Jurnal Arsitektur dan Lingkungan Binaan*, 5(2), 87–96.

Sudarwati, S., & Wibowo, A. (2017). Pemeliharaan bangunan gedung sebagai upaya peningkatan umur layanan bangunan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 215–224.

Sutanto, A. (2014). *Arsitektur Berkelanjutan: Konsep dan Penerapannya di Indonesia*. Jakarta: Erlangga.

Triharso, R., & Handayani, D. (2019). Analisis biaya siklus hidup (life cycle cost) pada bangunan rumah tinggal sederhana. *Jurnal Permukiman*, 14(1), 45–54.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung.

World Green Building Council Indonesia Chapter. (2018). *Bangunan Hijau dan Tantangan Penerapannya di Indonesia*. Jakarta.