

STRATEGI KONSERVASI DAN EFISIENSI ENERGI PADA BANGUNAN DI INDONESIA: ROADMAP MENUJU NET ZERO BUILDING

Eva Priyanti

Prodi Arsitektur, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Email: eva.priyanti@unsoed.ac.id

Abstrak

Sektor bangunan merupakan salah satu penyumbang tertinggi konsumsi energi dan emisi karbon di Indonesia. Makalah ini membahas strategi konservasi dan efisiensi energi pada bangunan melalui kajian literatur tentang bangunan hijau, sistem sertifikasi *GreenShip*, konsep intensitas konsumsi energi (IKE), dan prinsip desain pasif dan aktif. Kajian dilakukan dengan membandingkan pendekatan pada bangunan konvensional, bangunan hijau, *high performance building*, hingga *net zero building* dalam konteks teknologi, manajemen operasional, dan desain arsitektural. Makalah ini mencoba untuk menyusun rekomendasi strategi bertahap menuju bangunan *net zero*, termasuk audit energi, retrofitting sistem mekanikal-elektrikal, penerapan *Building Management System*, dan integrasi energi terbarukan. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa konservasi dan efisiensi energi dapat dilakukan secara sistematis melalui roadmap jangka pendek, menengah, dan panjang. Strategi ini dapat diterapkan pada bangunan baru maupun *existing building* untuk mendukung penurunan emisi dan mencapai target energi berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: bangunan hijau, efisiensi energi, *greenship*, IKE, konservasi energi, *net-zero*

Pendahuluan

Konsumsi energi dewasa ini sudah jauh melebihi kemampuan yang dihasilkan oleh sumber daya alami bumi. Energi bumi yang tersimpan jutaan tahun sepanjang sejarahnya telah digunakan dalam waktu yang relative singkat. Era industri memacu perkembangan teknologi yang mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Tidak hanya mencakup aspek konsumsi energi namun juga polusi udara (Matolsky, *et al.*, 2015). Berbicara tentang efisiensi energi, efisiensi energi tentunya berhubungan dengan emisi karbon. Semakin besar energi yang digunakan, maka semakin besar juga emisi karbon yang dihasilkan, terutama jika energi tersebut berasal dari sumber fosil. Pengurangan emisi karbon termasuk ke dalam skenario 2DS (*2 Degrees Scenario*), yaitu skenario internasional untuk menghadapi *Global Warming*. Pada tahun 2050, emisi karbon harus berkurang setengah dari emisi karbon saat ini. Hal ini berarti, dalam 40 tahun mendatang, energi harus dapat dimanfaatkan dengan empat kali lebih efisien. Namun, yang menjadi dilema adalah bahwa hingga saat ini, pemanfaatan energi berbanding lurus dengan kemajuan suatu negara.

Semakin maju suatu negara, semakin besar juga konsumsinya, sebagai contoh adalah negara-negara di timur tengah dan juga Amerika.

Dalam dekade terakhir, sektor bangunan termasuk gedung perkantoran, komersial, dan juga residensial, telah menjadi salah satu pengguna energi paling intensif di dunia dan di Indonesia. Secara global, menurut *International Energy Agency (IEA)*, operasional dan konstruksi bangunan menyumbang sekitar 30% dari konsumsi energi final dunia, dan ketika memperhitungkan energi terkait bahan bangunan (semen, baja, aluminium), kontribusinya terhadap total permintaan energi melonjak hingga 34%. Di Indonesia, studi oleh *International Finance Corporation (IFC)* bekerja sama dengan *Green Building Council Indonesia (GBCI)* menunjukkan bahwa bangunan gedung berada di urutan ketiga sebagai pengguna energi terbesar nasional, dengan kontribusi signifikan terhadap total konsumsi energi nasional. Jika tidak ada intervensi, konsumsi energi dari gedung dan bangunan diprediksi akan terus meningkat. Menurut beberapa estimasi, bisa mencapai peningkatan hingga 40% terhadap total konsumsi energi nasional pada 2030. Dari sisi lingkungan, mengurangi jejak karbon Gedung dapat membantu mitigasi perubahan iklim, sehingga sektor bangunan merupakan aspek penting dalam upaya global menurunkan emisi. *International Energy Agency (IEA)* juga menyebutkan bahwa peningkatan kebutuhan pendinginan adalah salah satu pendorong utama peningkatan konsumsi energi di bangunan. Pada tahun 2022, permintaan untuk pendinginan menunjukkan pertumbuhan signifikan dibanding tahun sebelumnya. Hal ini seperti halnya lingkaran masalah yang tidak ada ujungnya, dimana emisi karbon menyebabkan efek gas rumah kaca, efek gas rumah kaca menyebabkan kenaikan suhu udara, kenaikan suhu udara mendorong manusia untuk menggunakan pendingin buatan (AC).

Dengan melihat besarnya porsi konsumsi energi dan emisi dari sektor bangunan, baik global maupun di Indonesia, serta tekanan urbanisasi dan perubahan iklim, maka konservasi dan efisiensi energi pada bangunan bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan mendesak. Melalui penggabungan literatur bangunan hijau, regulasi, dan praktik terbaik, makalah ini berupaya menyusun langkah-langkah untuk mencapai target konservasi dan efisiensi energi pada bangunan di Indonesia.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode **kajian pustaka (literature review)** dengan pendekatan **deskriptif-analitis** untuk membahas strategi konservasi dan efisiensi energi pada bangunan di Indonesia. Data diperoleh dari buku referensi, jurnal ilmiah, laporan lembaga internasional, dokumen kebijakan, serta publikasi resmi Green Building Council Indonesia (GBCI) terkait sistem sertifikasi GREENSHIP.

Analisis dilakukan dengan mengkaji konsep bangunan konvensional, bangunan hijau, high performance building, dan net zero energy building, serta membandingkan strategi desain pasif, sistem aktif, dan manajemen operasional energi. Indikator kinerja energi seperti Intensitas Konsumsi Energi (IKE) digunakan sebagai dasar evaluasi performa energi bangunan. Selanjutnya, konsep **Integrated Design Process (IDP)** dianalisis untuk memahami peran kolaborasi lintas disiplin dalam menurunkan konsumsi energi

bangunan. Hasil kajian kemudian disintesis untuk menyusun roadmap bertahap menuju bangunan net zero yang relevan dengan kondisi iklim dan praktik pembangunan di Indonesia.

Hasil dan Pembahasan

a. Tantangan dan Kondisi Aktual di Indonesia

Berdasarkan data sertifikasi dan survei sektor bangunan hijau di Indonesia, jumlah gedung yang telah memperoleh sertifikat hijau masih sangat terbatas jika dibandingkan dengan kebutuhan nasional. Pada tahun 2022 tercatat hanya sekitar 60 gedung yang tersertifikasi, sementara sebagian besar bangunan *existing* masih memiliki nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang tinggi. Hal ini umumnya disebabkan oleh desain yang tidak responsif iklim, minimnya ventilasi alami, dan lemahnya manajemen energi dalam operasional sehari-hari. Kondisi ini juga diperburuk dengan berkembangnya tren bangunan minimalis yang tidak memperhatikan kondisi iklim setempat, misalnya, tren rumah tanpa ventilasi untuk mendapatkan kesan *less* dan juga atap rata yang sebenarnya kurang sesuai dengan iklim di Indonesia.

Di sisi lain, biaya awal untuk meningkatkan efisiensi atau melakukan retrofit sering dianggap mahal oleh pemilik dan pengembang bangunan. Akibatnya, strategi konservasi energi yang seharusnya dimulai dari perilaku pengguna dan pengelolaan gedung justru kerap diabaikan. Selain itu, keterbatasan data baseline serta kurangnya sistem monitoring berkala membuat proses evaluasi performa energi pasca-retrofit atau setelah mendapatkan sertifikasi menjadi sulit dan tidak terukur secara akurat.

Pada tingkat operasional, langkah-langkah sederhana sebenarnya dapat menghasilkan dampak signifikan. Audit energi dasar, misalnya, bisa dilakukan secara cepat untuk mengidentifikasi area boros energi dalam gedung. Pengaturan jadwal dan set-point AC, pengendalian lampu yang tidak diperlukan, atau pemasangan sensor gerak dapat mengurangi konsumsi tanpa memerlukan investasi besar. Pemasangan sub-metering per zona atau per lantai memungkinkan pengelola fasilitas mengetahui pola konsumsi energi dengan lebih detail, sehingga titik beban tertinggi bisa dikendalikan. Upaya ini perlu didukung oleh pelatihan bagi staf pengelola gedung dan kampanye kesadaran energi bagi seluruh pengguna ruang, karena perubahan perilaku tetap menjadi bagian penting dari konservasi energi.

Pada level teknologi, berbagai opsi retrofit tersedia untuk meningkatkan efisiensi. Mengganti lampu konvensional dengan LED, memasang sensor otomatis, memperbarui sistem HVAC menggunakan teknologi dengan efisiensi tinggi, serta menggunakan pompa dan motor ber-variable speed drive dapat menurunkan konsumsi energi secara signifikan. Perbaikan selubung bangunan melalui pemasangan kaca low-E, insulasi pada atap dan dinding, serta penambahan shading eksternal akan mengurangi panas yang masuk dan menurunkan beban pendinginan. Selanjutnya, penerapan Building Management System (BMS) atau sistem otomasi gedung memungkinkan pemantauan energi secara real-time, pengaturan otomatisasi peralatan, dan pengendalian beban puncak dengan lebih optimal. Dalam konteks desain bangunan baru atau retrofit besar,

pendekatan yang paling efektif adalah merencanakan efisiensi energi sejak tahap perancangan.

Prinsip “*design-first, cooling-last*” menekankan pentingnya orientasi bangunan yang tepat, pemanfaatan ventilasi silang, pencahayaan alami, serta perlindungan terhadap radiasi matahari langsung melalui overhang, kisi-kisi, atau tanaman. Menggabungkan desain pasif tropis dengan teknologi efisiensi dan pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya atap merupakan strategi kunci untuk mengarahkan bangunan menuju status *Net Zero* atau *Net Zero Ready*. Pada tingkat lebih luas, peran kebijakan dan regulasi menjadi sangat penting untuk mendorong perubahan sistemik. Pemerintah daerah maupun pusat dapat menetapkan standar minimum performa energi dan mewajibkan audit energi bagi bangunan baru maupun existing. Bentuk dukungan lain seperti insentif pajak, subsidi untuk instalasi PLTS atap, atau percepatan proses perizinan dapat meningkatkan minat pengembang terhadap konsep bangunan hijau. Integrasi persyaratan sertifikasi *GreenShip* dan kriteria *Net Zero* dalam proses perizinan IMB atau Sertifikat Laik Fungsi juga akan memperkuat implementasi strategi konservasi dan efisiensi energi secara menyeluruh.

b. *Integrated Design Process Team* dari Hari Pertama

Banyak upaya retrofit gagal mencapai performa optimal karena keputusan desain dilakukan secara parsial, terpisah antara aspek arsitektur, sistem mekanikal–elektrikal, efisiensi energi, dan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Oleh karena itu, ***Integrated Design Process (IDP)*** menjadi tahap krusial untuk menyatukan visi, target performa, serta strategi teknis sejak awal. Pada bagian berikut akan dijelaskan prinsip, peran tim, dan tahapan IDP sebagai kerangka kolaboratif yang memastikan setiap intervensi peningkatan energi saling terkait dan terukur. Pemahaman ini akan menjadi dasar yang kuat sebelum akhirnya diturunkan ke dalam ***roadmap*** langkah demi langkah untuk mengonversi bangunan konvensional menjadi bangunan berkinerja energi rendah hingga mencapai *net zero building*.

1) Kolaboratif Sejak Tahap Konsep

Proses *Integrated Design Process (IDP)* dimulai segera setelah proyek diputuskan, bukan setelah desain selesai. Pada tahap ini seluruh tim lintas disiplin arsitek, insinyur ME, konsultan energi, ahli pencahayaan, pengelola fasilitas, pemilik proyek, hingga perwakilan pengguna berkumpul dalam pertemuan awal. Tujuannya adalah menetapkan visi, ruang lingkup, dan target energi yang jelas dari hari pertama. Tiga target inti biasanya disepakati: tingkat Intensitas Konsumsi Energi (IKE), kategori sertifikasi hijau *GreenShip*, dan tujuan jangka panjang berupa bangunan *net-zero ready*. Kesepakatan awal ini penting agar tidak ada keputusan desain yang saling bertentangan ketika proyek berjalan.

2) Analisis Desain Pasif sebagai Fondasi Efisiensi

Tahap berikutnya adalah analisis tapak dan desain pasif. Prinsipnya sederhana: kurangi panas yang masuk sebelum memutuskan cara mengeluarkannya dengan mesin pendingin. Tim mengevaluasi orientasi matahari, arah angin, bukaan, kedalaman selubung bangunan, potensi ventilasi silang, serta strategi pelindung panas seperti

overhang, kisi-kisi, vegetasi, atau atap memanjang. Keputusan desain pasif yang baik dapat menurunkan beban panas secara signifikan, sehingga kebutuhan AC, pencahayaan buatan, dan energi mekanis dapat ditekan sejak awal.

3) Pemilihan Teknologi dan Sistem Aktif secara Terintegrasi

Pada tahap ini, solusi teknologi ditentukan berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis secara pasif, bukan sebaliknya. Keputusan teknologi biasanya mencakup tiga hal: pemilihan sistem HVAC yang efisien, penggunaan lampu LED dengan sensor otomatis, dan penerapan *variable speed drive* (VSD) untuk pompa dan kipas. Selain itu, *Building Management System* (BMS) mulai direncanakan untuk memantau energi secara real-time. Pemilihan teknologi selalu berbasis simulasi energi sehingga beragam skenario dapat dibandingkan secara objektif sebelum gambar teknis final disusun.

4) Integrasi Energi Terbarukan Setelah Efisiensi Dicapai

Setelah strategi konservasi dan efisiensi ditetapkan, tim mulai mempertimbangkan integrasi energi terbarukan. Yang paling umum adalah pemasangan panel surya atap (*rooftop solar PV*) dan sistem penyimpanan daya dalam bentuk baterai. Pada tahap ini tim merencanakan lokasi inverter, kapasitas sistem, dan strategi operasi, misalnya pengoperasian mandiri pada jam puncak atau *grid-support*. Pendekatan ini mendorong bangunan menuju status *net-zero ready*, yaitu mengurangi konsumsi energi konvensional secara signifikan sebelum menggantinya dengan sumber energi terbarukan.

5) *Commissioning, Monitoring*, dan Perbaikan Berkelanjutan

IDP menekankan bahwa proses efisiensi tidak berhenti saat bangunan selesai dibangun. Pada tahap konstruksi, dilakukan *commissioning* untuk memastikan sistem bekerja sesuai rancangan: mulai dari HVAC, pencahayaan, sensor gerak, sub-metering, hingga sistem otomasi gedung. Setelah gedung beroperasi, tim fasilitas menjalankan pemantauan rutin konsumsi energi secara berkala. Data yang terkumpul dianalisis untuk menemukan tren boros energi, kemudian dilakukan penyesuaian, pelatihan pengguna, atau pembaruan sensor dan setelan sistem.

c. *Roadmap* Konversi Bangunan di Indonesia

Transformasi gedung di Indonesia menuju bangunan hemat energi dan rendah karbon pada dasarnya tidak perlu dilakukan secara instan. Perubahan dapat direncanakan secara bertahap melalui *roadmap* yang jelas, mulai dari kondisi konvensional, menuju bangunan hijau, lalu berkembang menjadi bangunan berkinerja tinggi, hingga akhirnya mencapai standar *net-zero*. Prinsip umum yang digunakan adalah menekan konsumsi energi sedini mungkin, kemudian memenuhi kebutuhan energi yang sudah ditekan tersebut dengan sumber terbarukan. Dengan alur seperti ini, investasi dapat disesuaikan per tahap sehingga lebih realistis diterapkan pada konteks gedung existing di kota-kota besar Indonesia.

Pada tahap awal, pemilik atau pengelola bangunan perlu melakukan audit energi sederhana untuk mengetahui kondisi awal konsumsi listrik, terutama pada beban utama seperti pendingin udara, pencahayaan, dan peralatan mekanikal. Hasil audit menjadi dasar untuk pengaturan perilaku operasional, seperti penentuan set-point AC yang lebih rasional, pengaturan jam operasional peralatan, serta penggunaan sensor otomatis untuk

lampu di ruang yang jarang dipakai. Langkah sederhana ini biasanya tidak membutuhkan investasi besar, tetapi mampu menurunkan konsumsi energi secara langsung. Tahap ini juga menjadi momen penting untuk membangun budaya konservasi energi di lingkungan kerja melalui pelatihan teknisi dan kampanye internal.

Tahap berikutnya adalah peningkatan efisiensi melalui retrofit teknologi. Gedung yang semula menggunakan lampu konvensional dapat menggantinya dengan sistem LED dan kontrol sensor cahaya alami. Sistem HVAC yang boros dapat diganti atau dioptimalkan menggunakan perangkat yang lebih efisien, misalnya dengan teknologi *variable speed drive*, *chiller* berkapasitas tinggi dengan konsumsi energi rendah, atau penyesuaian sistem ventilasi. Pada sisi selubung bangunan, perbaikan dapat dilakukan melalui penambahan insulasi, kaca berlapis pemantul radiasi, atau shading eksternal untuk menurunkan beban panas masuk. Pada tahap ini pula sistem otomasi bangunan (*Building Management System*) dapat diterapkan untuk memonitor konsumsi energi secara real-time sehingga pengelola memiliki data untuk mengambil keputusan teknis setiap hari.

Setelah berbagai upaya efisiensi diterapkan dan konsumsi energi sudah ditekan pada level yang optimal, barulah integrasi energi terbarukan menjadi relevan. Pemasangan panel surya di atap, penggunaan sistem pengukur energi mandiri, dan integrasi perangkat penyimpan energi dapat menjadikan bangunan masuk kategori net-zero ready. Artinya, meskipun belum sepenuhnya mencapai net-zero, gedung sudah memiliki struktur desain dan operasional yang memungkinkan pencapaian tujuan itu dalam jangka panjang. Tahap terakhir dari roadmap ini adalah mencapai kondisi net-zero secara utuh, yaitu ketika produksi energi dari sumber terbarukan mampu menutup konsumsi energi bersih bangunan dalam setahun operasional.

Contoh bangunan seperti South Quarter di Jakarta menunjukkan bahwa perubahan bertahap tersebut sangat mungkin diwujudkan. Kompleks ini dibangun dengan strategi desain pasif yang sederhana namun efektif, seperti bentuk massa yang saling memberikan bayangan, penggunaan selubung bangunan yang adaptif, dan pengaturan orientasi untuk mengurangi panas langsung dari sinar matahari. Langkah-langkah efisiensi tersebut tidak berdiri sendiri, tetapi dipadukan dengan pengelolaan operasional serta peningkatan teknologi secara bertahap, sehingga bangunan yang besar dan kompleks dapat tetap memiliki konsumsi energi relatif rendah dibanding gedung perkantoran konvensional di wilayah yang sama. Melalui pendekatan seperti ini, gedung existing yang semula memiliki nilai IKE tinggi dapat bergerak menuju sertifikasi hijau, kemudian menjadi bangunan berkinerja tinggi. Contoh lain dari arsitektur performa tinggi dapat dilihat pada proyek ikonik seperti Burj Al Arab. Meskipun proyek tersebut tidak selalu disebut sebagai bangunan hijau dalam konteks sertifikasi modern, desainnya menunjukkan pemahaman mendalam terhadap orientasi, bentuk, dan kondisi lingkungan setempat. Pengolahan bentuk massa dan penataan fasad menunjukkan bahwa keputusan arsitektural yang tepat dapat memberi kontribusi pada penurunan beban energi, bahkan dalam bangunan mewah dan berteknologi tinggi. Hal ini selaras dengan gagasan bahwa desain arsitektur,

konservasi energi, dan efisiensi teknologi bukanlah elemen yang saling bertentangan, tetapi justru dapat saling memperkuat.

Apabila prinsip di atas diterapkan secara luas dalam pembangunan dan pengelolaan gedung di Indonesia, transformasi menuju standar *net-zero* akan lebih mudah diakomodasi. Roadmap ini memberikan alur perubahan yang jelas: konservasi perilaku terlebih dahulu, peningkatan efisiensi berikutnya, dan integrasi energi terbarukan pada tahap akhir. Dengan demikian, bangunan-bangunan di Indonesia, termasuk gedung kantor, fasilitas publik, sekolah, maupun rumah sakit, mempunyai jalur praktis untuk bergerak dari kondisi konvensional menuju gedung hijau, dan pada akhirnya berperan aktif dalam mengurangi emisi karbon dan mencapai target konservasi dan efisiensi energi pada bangunan di Indonesia

Kesimpulan

Kesimpulan menggambarkan jawaban dari hipotesis dan/atau tujuan penelitian atau temuan ilmiah yang diperoleh. Kesimpulan bukan berisi perulangan dari hasil dan pembahasan, tetapi lebih kepada ringkasan hasil temuan seperti yang diharapkan di tujuan atau hipotesis. Bila perlu, di bagian akhir kesimpulan dapat juga dituliskan hal-hal yang akan dilakukan terkait dengan gagasan selanjutnya dari penelitian tersebut.

Berdasarkan kajian literatur dan analisis kondisi di Indonesia, beberapa hal penting dapat disimpulkan:

1. Konservasi dan efisiensi energi adalah dua pilar saling melengkapi. Konservasi menawarkan solusi cepat dan murah melalui manajemen dan perilaku, sedangkan efisiensi membutuhkan investasi tetapi memberi manfaat jangka panjang.
2. Bangunan hijau dengan sertifikasi (misalnya GREENSHIP) menawarkan struktur penilaian dan alat ukur (seperti IKE, baseline, monitoring) yang relevan untuk menilai performa energi secara objektif di Indonesia. Namun, penetrasinya masih minim: baru puluhan gedung dari ribuan gedung potensial.
3. Konsep *Net Zero Building* merupakan arah jangka panjang yang realistis jika dikombinasikan desain pasif tropis, efisiensi sistem, dan integrasi energi terbarukan. Kondisi iklim tropis Indonesia menjadikan strategi desain pasif sangat relevan.
4. Implementasi membutuhkan pendekatan multi-level dan bertahap, yaitu dari konservasi operasional sederhana sampai kebijakan nasional dan insentif.
5. Untuk mencapai target konservasi dan efisiensi secara nasional, dibutuhkan kolaborasi: antara perencana, arsitek, *developer*, pemerintah, dan pemilik gedung.

Dengan demikian, konservasi dan efisiensi pada bangunan di Indonesia bukan pilihan tambahan, tetapi bagian krusial dari strategi pembangunan berkelanjutan, mitigasi perubahan iklim, dan efisiensi penggunaan energi nasional.

Bibliografi

Convertino, F., Turi, S.D., and Stefanizzi, P. 2017. *The Color in The Vernacular Bioclimatic Architecture in Mediterranean Region*. Energy Procedia, 126 (201709), pp.211-218

Effendy, A., & Silviana, M. (2022). Kajian literatur konsep green building pada bangunan tropis. *Arsitekno*, 7(2). <https://ojs.unimal.ac.id/arsitekno/article/view/3687>

Green Building Council Indonesia. (n.d.). *GREENSHIP certification*. <https://gbcindonesia.org/certification>

Lestari, D. (2023, Maret 8). Hanya 60 gedung di Indonesia yang bersertifikat Greenship. *Kompas.com*. <https://lestari.kompas.com/read/2023/03/08/070000386/hanya-60-gedung-di-indonesia-yang-bersertifikat-greenship>

Mondaq. (2022). Green building in Indonesia: Criteria, certifications, and applicable incentives. <https://www.mondaq.com/climate-change/1197152/green-building-in-indonesia-criteria-certifications-applicable-incentives>

Matolcsy, K., Budavari, Z., Kuthi, E.B., et al. 2015. *Guide for Bioclimatic design*. Budapest: *Epitesugyi Minosegellenorzo Innovacios dan ACCIONA Infraestructuras*.

Permana, A. Y., Wijaya, K., & Indrawan, A. (2021). Pengembangan desain micro house dalam menunjang program net zero energy buildings (NZE-Bs). *ARCADE: Jurnal Arsitektur*, 5(1). <https://e-journal.ukri.ac.id/index.php/arcade/article/view/424>

Sucofindo. (n.d.). *Green building (Greenship)*. <https://www.sucofindo.co.id/en/layanan-jasa/green-building-greenship>

Temu Ilmiah IPLBI. (2021). Tahap–tahap penerapan metode sustainable pada bangunan secara nyata. <https://temuilmiah.iplbi.or.id/wp-content/uploads/2022/09/IPLBI-2021-K033-K038-Tahap-tahap-Penerapan-Metode-Sustainable-pada-Bangunan-Secara-Nyata.pdf>

Wikipedia. (n.d.). *Zero-energy building*. https://en.wikipedia.org/wiki/Zero-energy_building

Nugroho, A (2016). Sertifikasi arsitektur/bangunan hijau. *Jurnal Arsitektur*, 4(3). Bandar Lampung: *Jurnal UBL*: Vol.2 No.1. pp. 12-22