



Material Alternatif Pengganti Beton Sebagai Pendukung Prinsip Berkelanjutan dalam Arsitektur

Syharozi¹, Fredyantoni F. Adji², I. Kadek Mardika³

^{1,2,3} Prodi Arsitektur, Universitas Palangka Raya

Info Artikel

Histori Artikel:

Tanggal Masuk 08/05/2025
Tanggal Revisi 14/05/2025
Tanggal diterima 15/05/2025
Tanggal Publikas Mei 2025

Bagian ini diisi oleh Tim Jurnal ALIBI

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia, namun produksinya memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi karbon dioksida (CO₂) global. Dalam konteks arsitektur berkelanjutan, penting untuk mengeksplorasi alternatif pengganti beton yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan kekuatan struktural dan kepraktisan penggunaannya. Tulisan ini membahas berbagai material alternatif seperti beton geopolimer, bata tanah liat yang distabilisasi, bambu struktural, hingga hempcrete (campuran serat rami dan kapur) yang dinilai memiliki potensi besar sebagai pengganti beton konvensional. Kajian dilakukan dengan metode studi literatur terhadap jurnal ilmiah, laporan riset, dan dokumen teknis terkini. Hasil kajian menunjukkan bahwa selain mampu mengurangi jejak karbon, beberapa material alternatif juga menawarkan keunggulan seperti ketersediaan lokal, kemampuan daur ulang, serta adaptasi terhadap iklim tropis. Studi ini merekomendasikan integrasi material berkelanjutan ke dalam standar perencanaan dan konstruksi arsitektur, khususnya di Indonesia, sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim dan pengembangan praktik bangunan hijau.

Kata Kunci : beton, material alternatif, arsitektur berkelanjutan, jejak karbon, hempcrete, beton geopolimer

Corresponding Author:

Nama Author :
Syahrozi
Fredyantoni F. Adji
I. Kadek Mardika

Email:
syahrozi@arch.upr.ac.id

Abstract

Concrete is the most widely used construction material in the world, but its production contributes significantly to global carbon dioxide (CO₂) emissions. In the context of sustainable architecture, it is important to explore alternatives to concrete that are more environmentally friendly without sacrificing structural strength and practicality. This paper discusses various alternative materials such as geopolimer concrete, stabilized clay bricks, structural bamboo, and hempcrete (a mixture of hemp fiber and lime) which are considered to have great potential as a substitute for conventional concrete. The study was conducted using a literature study method of scientific journals, research reports, and the latest technical documents. The results of the study show that in addition to being able to reduce carbon footprints, several alternative materials also offer advantages such as local availability, recyclability, and adaptation to tropical climates. This study recommends the

integration of sustainable materials into architectural planning and construction standards, especially in Indonesia, as part of a climate change mitigation strategy and the development of green building practices.

Keywords : *concrete, alternative materials, sustainable architecture, carbon footprint, hempcrete, geopolymers concrete*

PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor penyumbang emisi karbon terbesar di dunia, di mana beton sebagai material utama menyumbang sekitar 8% dari total emisi karbon dioksida global. Beton digunakan secara luas karena kemudahan produksi, kekuatan struktural yang tinggi, dan biaya yang relatif terjangkau. Namun, proses produksi semen – komponen utama dalam beton – membutuhkan energi yang besar dan menghasilkan emisi karbon dalam jumlah signifikan, terutama dari proses kalsinasi batu kapur dan penggunaan bahan bakar fosil [1]. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, khususnya pada bidang arsitektur, muncul kebutuhan mendesak untuk mengevaluasi kembali material bangunan yang digunakan, termasuk mengembangkan dan menerapkan alternatif pengganti beton yang lebih ramah lingkungan. Arsitektur berkelanjutan menekankan pada efisiensi energi, pengurangan emisi, serta penggunaan material lokal yang memiliki dampak lingkungan rendah [2]. Oleh karena itu, pencarian material pengganti beton menjadi salah satu langkah strategis untuk menurunkan jejak karbon sektor konstruksi dan mencapai target mitigasi perubahan iklim global.

Beberapa alternatif material telah dikembangkan dan diuji dalam berbagai penelitian, antara lain beton geopolimer yang memanfaatkan limbah industri seperti fly ash dan slag sebagai pengikat [3], bata tanah liat yang distabilisasi dengan bahan alami atau semen rendah karbon [4], serta material berbasis biomassa seperti bambu dan hempcrete—campuran serat tanaman rami dan kapur yang memiliki sifat isolasi termal baik dan kapasitas penyerapan karbon [5]. Penggunaan material-material ini tidak hanya mengurangi emisi dari sisi produksi, tetapi juga mendukung prinsip circular economy melalui potensi daur ulang dan penggunaan sumber daya lokal.

Dalam konteks Indonesia sebagai negara tropis dengan kekayaan sumber daya hayati yang tinggi dan pertumbuhan sektor konstruksi yang pesat, pengembangan dan penerapan material alternatif pengganti beton menjadi relevan. Selain menawarkan efisiensi energi dan ketahanan terhadap iklim lokal, pendekatan ini juga mendukung kemandirian material dan penguatan ekonomi lokal. Berdasarkan latar belakang tersebut, tulisan ini bertujuan untuk mengkaji potensi beberapa material alternatif yang lebih ramah lingkungan sebagai pengganti beton dalam praktik arsitektur berkelanjutan, melalui studi literatur terhadap hasil-hasil penelitian terkini serta praktik implementasinya di berbagai negara.

KAJIAN PUSTAKA

Beton merupakan material bangunan paling banyak digunakan di dunia, namun proses produksinya memberikan dampak lingkungan yang signifikan. Sekitar 0,9 ton CO₂ dilepaskan ke atmosfer untuk setiap ton semen yang diproduksi [6]. Proses kalsinasi batu kapur dan penggunaan bahan bakar fosil dalam pembakaran klinker menjadi penyumbang utama emisi tersebut [1]. Dalam perspektif arsitektur berkelanjutan, hal ini memicu kebutuhan untuk mencari alternatif material bangunan yang memiliki jejak karbon lebih rendah.

Arsitektur berkelanjutan mendorong penggunaan material yang memiliki dampak minimal terhadap lingkungan sepanjang siklus hidupnya, mulai dari proses ekstraksi bahan, produksi, penggunaan, hingga daur ulang. Kriteria material ramah lingkungan meliputi:

- Emisi karbon rendah.
- Kemampuan daur ulang atau biodegradasi.
- Sumber daya terbarukan atau lokal.
- Energi embodied yang rendah [7]

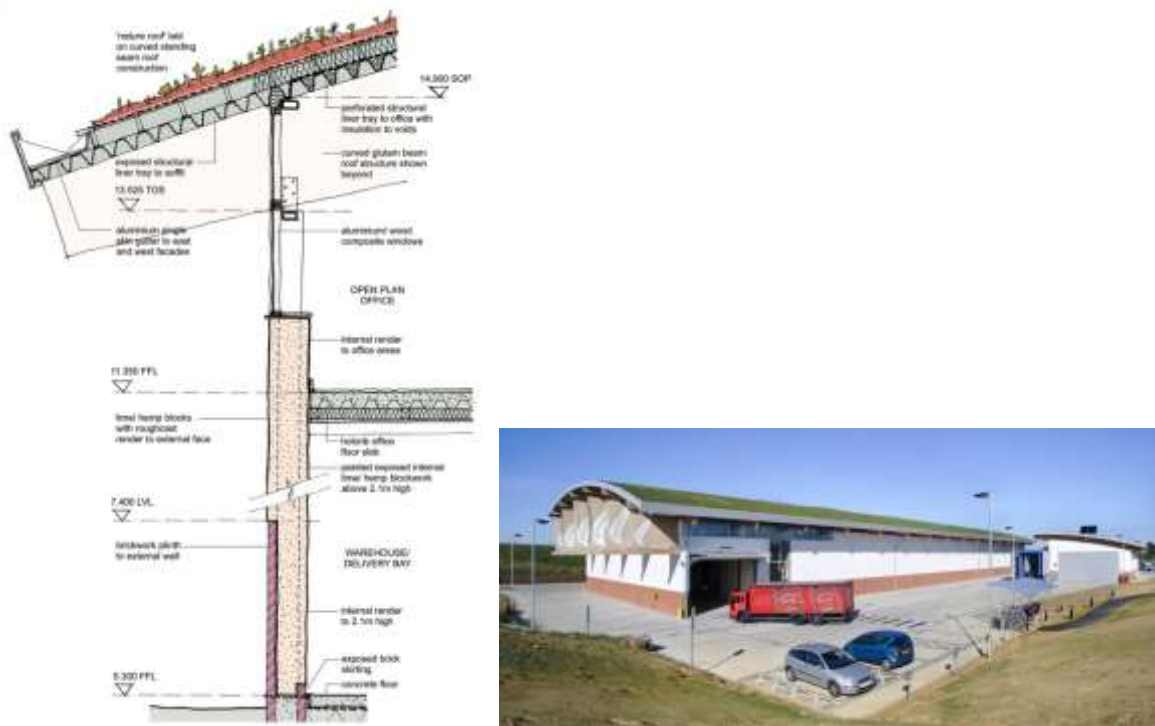
Beberapa material alternatif yang telah dikembangkan dan diuji secara ilmiah sebagai pengganti beton antara lain:

a. Beton Geopolymer

Beton geopolymer adalah material pengikat anorganik yang dibuat dari aktivasi alkali terhadap bahan-bahan pozzolan seperti fly ash, slag, atau kaolin. Berbeda dengan beton Portland, beton geopolymer tidak memerlukan klinker sehingga mengurangi emisi CO₂ hingga 80% [3]. Proyek nyata di Queensland yang menggunakan beton geopolymer berbasis fly ash dan slag, yaitu Brisbane West Wellcamp Airport di Toowoomba. Bandara ini merupakan proyek terbesar di dunia yang menggunakan beton geopolymer, dengan sekitar 40.000 m³ (100.000 ton) beton geopolymer digunakan dalam konstruksinya. Beton ini dikembangkan oleh perusahaan Wagners dengan nama dagang Earth Friendly Concrete (EFC). Penggunaan beton geopolymer dalam proyek ini menunjukkan pengurangan emisi CO₂ yang signifikan dibandingkan dengan beton konvensional [8].

b. Hempcrete (Beton Rami)

Hempcrete merupakan material komposit yang terbuat dari serat batang tanaman rami (hemp hurds) dicampur dengan kapur (*lime-based binder*). Material ini ringan, isolatif, memiliki kemampuan menyerap karbon, serta cocok untuk iklim tropis karena kelembapan yang seimbang [5]. Adnams Distribution Centre di Suffolk, Inggris, menggunakan hempcrete dalam konstruksinya dan merupakan salah satu proyek perintis dalam penerapan material berbasis biomassa di Inggris.



Gambar 1 Material Atap Hijau pada Adnams Distribution Centre di Suffolk, Inggris [9]

Bangunan ini dirancang oleh Aukett Swanke dan selesai dibangun pada tahun 2006, dengan luas sekitar 5.000 m². Fitur utamanya meliputi atap hijau sedum seluas 0,6 hektar, penggunaan glulam beams sepanjang 42 meter, serta sistem pengelolaan air dan energi yang ramah lingkungan.



Gambar 2 Detail Balok Glulam yang Menjorok Ke Bangunan sebagai Naungan Matahari [9]

Bangunan ini mencapai penghematan energi sebesar lebih dari £50.000 per tahun berkat kinerja termal atap hijaunya, yang membantu mengatur suhu sepanjang tahun. Bangunan ini berhasil menyerap sekitar 150 ton CO₂ melalui penggunaan hempcrete, dibandingkan dengan konstruksi bata dan mortar konvensional yang dapat menghasilkan hingga 600 ton CO₂ [9].

c. Kayu Lokal, Bambu, Dan Barrel Plastik Daur Ulang

Makoko Floating School di Lagos, Nigeria, adalah proyek nyata yang dirancang oleh arsitek Kunlé Adeyemi dari firma NLÉ dan dibangun pada tahun 2013. Bangunan ini merupakan prototipe struktur terapung yang dirancang untuk komunitas perairan Makoko, dengan tujuan menyediakan ruang pendidikan yang berkelanjutan dan adaptif terhadap kondisi lingkungan setempat [10].



Gambar 3 Makoko Floating School [10]

Material utama yang digunakan dalam konstruksi Makoko Floating School adalah **kayu lokal**, **bambu**, dan **barrel plastik daur ulang** sebagai pelampung. Struktur bangunan berbentuk segitiga A-frame setinggi 10 meter dengan dasar 10x10 meter, terdiri dari tiga tingkat: area bermain terbuka di tingkat pertama, ruang kelas di tingkat kedua, dan ruang serbaguna di tingkat ketiga. Fitur berkelanjutan lainnya termasuk panel surya, sistem penampungan air hujan, dan toilet kompos [10].

KESIMPULAN

Kebutuhan akan pembangunan yang berkelanjutan dalam bidang arsitektur mendorong pencarian alternatif material konstruksi yang ramah lingkungan. Beton, meskipun masih menjadi material utama dalam industri konstruksi, memiliki dampak lingkungan yang besar akibat emisi karbon tinggi dalam proses produksinya. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan material alternatif seperti beton geopolimer, hempcrete, dan bambu struktural menjadi semakin relevan, terutama dalam konteks mitigasi perubahan iklim dan efisiensi sumber daya. Makoko Floating School adalah proyek arsitektur nyata yang menggunakan kayu, bambu, dan barrel plastik sebagai material utama, bukan bata tanah. Proyek ini menjadi contoh inovatif dalam desain arsitektur berkelanjutan yang responsif terhadap lingkungan dan kebutuhan komunitas lokal. Kajian ini menunjukkan bahwa material-material tersebut tidak hanya memiliki potensi untuk mengurangi jejak karbon, tetapi juga menawarkan keunggulan dalam hal keberlanjutan, efisiensi energi, dan adaptabilitas terhadap iklim lokal, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia. Beberapa studi kasus nyata di berbagai negara menunjukkan keberhasilan penerapan alternatif ini dalam skala bangunan hunian maupun fasilitas umum. Namun, untuk mendorong implementasi yang lebih luas, diperlukan dukungan dalam bentuk regulasi teknis, standar sertifikasi, insentif kebijakan, serta pendidikan dan pelatihan bagi para pelaku industri konstruksi. Sinergi antara akademisi, pemerintah, pengembang, dan masyarakat menjadi kunci dalam mempercepat transisi menuju praktik arsitektur yang lebih berkelanjutan.

Dengan mengadopsi material pengganti beton yang lebih ramah lingkungan, arsitektur tidak hanya dapat berkontribusi terhadap pengurangan emisi global, tetapi juga menghadirkan solusi desain yang kontekstual, inovatif, dan berkelanjutan bagi masa depan lingkungan binaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. L. Scrivener, V. M. John, and E. M. Gartner, "Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials industry," *Cem. Concr. Res.*, vol. 114, pp. 2–26, 2018.
- [2] B. Vale and R. Vale, "Green architecture: design for a sustainable future," (*No Title*), 1991.
- [3] J. Davidovits, *Geopolymer chemistry and applications*. Geopolymer Institute, 2008.
- [4] P. J. Walker, "Strength and erosion characteristics of earth blocks and earth block masonry," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 16, no. 5, pp. 497–506, 2004.
- [5] S. Elfordy, F. Lucas, F. Tancret, Y. Scudeller, and L. Goudet, "Mechanical and thermal properties of lime and hemp concrete ('hempcrete') manufactured by a projection process," *Constr. Build. Mater.*, vol. 22, no. 10, pp. 2116–2123, 2008.
- [6] A. T. B. Torres, V. V. Barros, R. M. Neckel, and C. A. Lindino, "ASSESSING THE IMPACT OF CEMENT PRODUCTION ON CLIMATE CHANGE: AN INTEGRATIVE REVIEW."
- [7] M. Asif, T. Muneer, and R. Kelley, "Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland," *Build. Environ.*, vol. 42, no. 3, pp. 1391–1394, 2007.
- [8] "Geopolymer cement and Geopolymer Concrete," *Geopolymer Institute*, 2006. https://www.geopolymer.org/applications/geopolymer-cement/?utm_source=chatgpt.com (accessed May 14, 2025).
- [9] A. Swanke, "Adnams Distribution Centre," 2025. https://www.aukettswanke.com/projects/adnams-distribution-centre/?utm_source=chatgpt.com (accessed May 14, 2025).
- [10] ArchEyes, "Makoko Floating School," 2016. https://archeyes.com/makoko-floating-school/?utm_source=chatgpt.com (accessed May 14, 2025).