

Editor :
Wahyu Buana Putra, S.T., M.Sc.

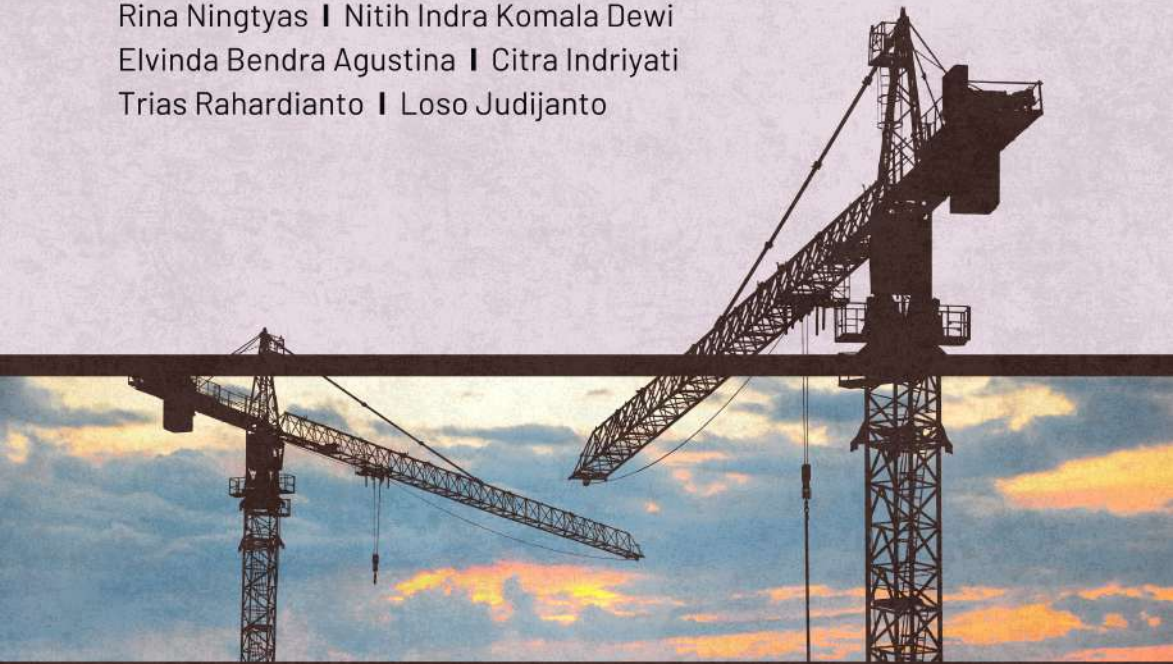


FUTURE SCIENCE

TEKNOLOGI MATERIAL INOVASI DALAM DESAIN DAN KONSTRUKSI BANGUNAN

Penulis :

Utami | Agung Prabowo Sulistiawan | Estar Putra Akbar
Rina Ningtyas | Nitih Indra Komala Dewi
Elvinda Bendra Agustina | Citra Indriyati
Trias Rahardianto | Loso Judijanto



Bunga Rampai

Teknologi Material: Inovasi dalam Desain dan Konstruksi Bangunan

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Teknologi Material: Inovasi dalam Desain dan Konstruksi Bangunan

Penulis:

Utami
Agung Prabowo Sulistiawan
Estar Putra Akbar
Rina Ningtyas
Nitih Indra Komala Dewi
Elvinda Bendra Agustina
Citra Indriyati
Trias Rahardianto
Loso Judijanto

Editor:

Wahyu Buana Putra, S.T., M.Sc.



TEKNOLOGI MATERIAL: INOVASI DALAM DESAIN DAN KONSTRUKSI BANGUNAN

Penulis:

Utami
Agung Prabowo Sulistiawan
Estar Putra Akbar
Rina Ningtyas
Nitih Indra Komala Dewi
Elvinda Bendra Agustina
Citra Indriyati
Trias Rahardianto
Loso Judijanto

Editor: **Wahyu Buana Putra, S.T., M.Sc.**

Desain Cover: **Nada Kurnia, S.I.Kom.**

Tata Letak: **Samuel, S.Kom.**

Halaman: **A5 Unesco (15,5 x 23 cm)**

Halaman: **x, 174**

e-ISBN: **978-634-7037-86-2**

Terbit Pada: **Februari 2025**

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Future Science Publisher

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT FUTURE SCIENCE
(CV. FUTURE SCIENCE)**

Anggota IKAPI (348/JTI/2022)

Jl. Terusan Surabaya Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005, Kel. Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota
Malang, Provinsi Jawa Timur.
www.futuresciencepress.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, kekuatan, dan kesehatan yang telah diberikan, sehingga buku Teknologi Material: Inovasi dalam Desain dan Konstruksi Bangunan ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam tak lupa kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang senantiasa menjadi teladan dan pemberi syafaat bagi umat manusia hingga akhir zaman.

Buku ini hadir sebagai bentuk kontribusi dalam memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang material dalam konteks desain dan konstruksi, yang tidak hanya menjadi dasar akademik, tetapi juga sebagai inspirasi bagi inovasi dan pengembangan di berbagai sektor. Studi mengenai teknologi material menjadi semakin relevan dengan perkembangan zaman, khususnya dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 2030 di Indonesia. Buku ini menawarkan berbagai pembahasan, mulai dari material alami, estetika dalam desain, aspek kesehatan dalam pemilihan material, material ramah lingkungan, hingga perannya dalam mitigasi bencana, efisiensi energi, dan konsep *“zero waste”*.

Keterkaitan antara material dan SDGs menjadi salah satu fokus utama dalam buku ini, terutama dalam mendukung tujuan seperti SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure), SDG 11 (Sustainable Cities and Communities), dan SDG 13 (Climate Action), dengan pendekatan yang

komprehensif, buku ini diharapkan mampu memberikan wawasan bagi akademisi, peneliti, mahasiswa, maupun masyarakat umum tentang pentingnya inovasi material dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan dan inklusif.

Kami menyadari bahwa keberhasilan penyusunan buku ini tidak lepas dari dukungan, masukan, dan kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, kami menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian buku ini. Secara khusus, apresiasi kami tujukan kepada para kolega, mitra, dan institusi yang telah memberikan dorongan dan sumber daya dalam proses penulisan ini.

Semoga buku ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, memberikan kontribusi nyata bagi dunia pendidikan dan praktik profesional, serta mendukung Indonesia dalam mewujudkan SDGs 2030. Akhir kata, kami berharap buku ini dapat menjadi inspirasi dan referensi yang berharga bagi pembaca.

Selamat membaca dan semoga bermanfaat!

Bandung, Desember 2024

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
BAB 1 MATERIAL ALAMI.....	1
Utami	1
PENDAHULUAN	1
JENIS DAN KARAKTERISTIK MATERIAL ALAMI PADA BANGUNAN.....	2
KEUNTUNGAN DAN KEKURANGAN PENGGUNAAN MATERIAL ALAMI.....	4
APLIKASI PENGGUNAAN MATERIAL ALAMI DALAM ARSITEKTUR	6
KESIMPULAN.....	13
BAB 2 MATERIAL SEBAGAI ELEMEN ESTETIKA	17
Agung Prabowo Sulistiawan.....	17
PENDAHULUAN	17
PENGERTIAN MATERIAL DALAM DESAIN.....	18
PERAN MATERIAL DALAM ESTETIKA DESAIN	21
KARAKTERISTIK MATERIAL YANG MEMPENGARUHI ESTETIKA DESAIN	22
STRATEGI PEMILIHAN MATERIAL UNTUK ESTETIKA DESAIN.....	25
PENERAPAN MATERIAL SEBAGAI ELEMEN ESTETIKA DALAM DESAIN	28
KESIMPULAN.....	29

BAB 3	ASPEK KESEHATAN DALAM PEMILIHAN MATERIAL	33
	Estar Putra Akbar	33
	PENDAHULUAN	33
	STANDAR KESEHATAN BANGUNAN	35
	PERTIMBANGAN DALAM PEMILIHAN MATERIAL	37
	KRITERIA PENERAPAN BANGUNAN SEHAT	42
	KESIMPULAN	44
BAB 4	MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	49
	Rina Ningtyas.....	49
	PENDAHULUAN	49
	MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	51
	FAKTOR YANG MEMPENGARUHI MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	54
	PEMANFATAN LIMBAH SEBAGAI MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	57
	TANTANGAN DAN SOLUSI DALAM PENERAPAN MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN	59
	KESIMPULAN	62
BAB 5	PEMILIHAN MATERIAL DALAM MITIGASI BENCANA	67
	Nitih Indra Komala Dewi.....	67
	PENDAHULUAN	67
	KARAKTERISTIK GEMPA BUMI DAN DAMPAKNYA.....	69
	PRINSIP DASAR DESAIN BANGUNAN DALAM MITIGASI GEMPA.....	77

	MATERIAL DITINJAU DARI BERAT	79
	MATERIAL DALAM KONTEKS MITIGASI GEMPA...	81
	KESIMPULAN.....	84
BAB 6	TEKNOLOGI DAN REKAYASA MATERIAL ALAM...	91
	Elvinda Bendra Agustina	91
	PENDAHULUAN	91
	TEKNOLOGI DAN REKAYASA MATERIAL ALAM...	91
	KESIMPULAN.....	105
BAB 7	MATERIAL DALAM EFISIENSI ENERGI BANGUNAN.....	109
	Citra Indriyati.....	109
	PENDAHULUAN	109
	MATERIAL PERUBAHAN FASE.....	110
	MATERIAL PERUBAHAN FASE DALAM BAHAN BANGUNAN.....	113
	PENERAPAN MATERIAL PERUBAHAN FASE	114
	BAHAN BANGUNAN BERKELANJUTAN.....	115
	KESIMPULAN.....	122
BAB 8	MATERIAL SEBAGAI KOMPONEN STRUKTURAL BANGUNAN.....	125
	Trias Rahardianto.....	125
	PENDAHULUAN	125
	MATERIAL SEBAGAI KOMPONEN STRUKTURAL.	127
	KESIMPULAN.....	138

BAB 9 ZERO WASTE MATERIAL: INOVASI DALAM DESAIN,
KONSTRUKSI, DAN TEKNOLOGI BANGUNAN 143

 Loso Judijanto 143

 PENDAHULUAN 143

 ZERO WASTE MATERIAL INOVASI DALAM
 DESAIN 144

 PRINSIP DESAIN BERKELANJUTAN 144

 ZERO WASTE MATERIAL INOVASI DALAM
 KONSTRUKSI 154

 ZERO WASTE MATERIAL INOVASI DALAM
 TEKNOLOGI BANGUNAN..... 160

 KESIMPULAN 166

BAB 1

MATERIAL ALAMI

Utami
Institut Teknologi Nasional, Bandung
E-mail: ami@itenas.ac.id

PENDAHULUAN

Pada saat ini banyak ditemukan inovasi kreatif dalam perancangan arsitektur. Salah satu diantaranya adalah pemilihan material yang dipakai. Pertimbangannya tidak saja hanya menghasilkan bentuk bangunan yang indah sesuai ide desain arsitek, tetapi juga mempertimbangkan berbagai hal seperti efektifitas dan efisiensi pemakaian material bangunan yang dipilih. Hal tersebut menjadi landasan yang penting bagi seorang arsitek dalam mengambil keputusan yang tepat.

Tantangan yang dihadapi sekarang adalah perkembangan teknologi yang terus maju sehingga menghasilkan penemuan material baru. Hal ini tidak bisa dihindari yang akan membawa perkembangan inovasi dalam dunia arsitektur, meliputi desain maupun elemen struktur (Sadanand et al., 2022). Berbagai alternatif material bangunan ditemukan untuk merealisasikan gagasan desain. Namun, banyaknya material baru yang ditawarkan perlu dipertimbangkan secara teliti, diantaranya potensi dampak negatifnya terhadap manusia dan lingkungan.

Salah satu pertimbangan yang dapat menjadi pilihan adalah nilai-nilai positif pemanfaatan material alami sebagai pengganti material buatan. Material alami memiliki sifat dan karakteristik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Ilvitskaya et al., 2019). Termasuk kemungkinan penggunaannya yang dapat diterapkan dalam desain interior, arsitektur, maupun lanskap.

Oleh sebab itu, berbagai inovasi dalam teknologi produksi material alami terus dikembangkan.

JENIS DAN KARAKTERISTIK MATERIAL ALAMI PADA BANGUNAN

Pengertian Material Alami

Material alami adalah materi yang berasal dari alam, seperti tumbuhan, hewan, atau mineral, dan tidak melalui proses manipulasi manusia. Bahan alami pada umumnya dalam bentuk mentah di alam serta bisa diolah atau diproses melalui modifikasi seminimal mungkin untuk memenuhi berbagai keperluan, seperti konstruksi, pembuatan produk, atau sebagai bahan pokok untuk industri lainnya.

Bahan alami aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan serta bisa didaur ulang atau diperbaharui. Proses pembuatannya juga aman, efisien, dan tidak menimbulkan polusi atau limbah berbahaya.

Berdasarkan penggunaan bahan mentah dan tingkat perubahan bahan dasarnya, material alam dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan bangunan yang dapat diperbaharui (*regeneratif*), seperti kayu, rotan, bambu, dan lainnya yang berasal dari sumber nabati.
2. Bahan bangunan alami yang dapat digunakan kembali, yaitu bahan bangunan yang tidak dapat diperbaharui, tetapi dapat dimanfaatkan kembali setelah melalui perlakuan khusus, seperti batu alam, tanah liat, dan sebagainya.

Sifat Dan Karakter Material Alami

Sifat-sifat material alami mempunyai karakteristik umum, yaitu:

1. Kemampuan Daur Ulang, material alami dapat didaur ulang atau diurai kembali secara alami setelah digunakan, Hal ini

Namun perlu juga memperhatikan keterbatasan penggunaan material alami, seperti ketersediaan yang terbatas, anggaran yang lebih besar, dan perawatan yang lebih cermat. Melalui pertimbangan semua faktor tersebut, material alami dapat menjadi alternatif pilihan yang baik untuk berbagai aplikasi, mulai dari konstruksi dan pembuatan produk hingga dekorasi interior.

Pada akhirnya berbagai karakteristik sifat material alami ini akan mendorong inovasi pengembangan dan penggunaannya, baik dalam hal teknologi produksi maupun dalam meningkatkan kualitas dan kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Alao, P., Visnapuu, K., Kallakas, H., Poltimäe, T., & Kers, J. (2020). Natural Weathering of Bio-Based Façade Materials. *Forests*, 11(6), 642. <https://doi.org/10.3390/f11060642>
- Aung, T., Liana, S. R., Htet, A., & Bhaumik, A. (2023). Implementing green facades: A step towards sustainable smart buildings. *Journal of Smart Cities and Society*, 2(1), 41–51. <https://doi.org/10.3233/SCS-230014>
- Ayuningtyas, P. A., Saladin, A., Utomo, H., & Topan, M. A. (2020). PENGGUNAAN MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN BERSTANDAR GREENSHIP PADA BANGUNAN COMMUNITY CENTER UNIVERSITAS INDONESIA. *Jurnal AGORA*, 18(2). <https://doi.org/10.25105/agora.v18i2.7541>
- Hidayat, S. T., Winandari, M. I. R., & Tundono, S. (2022). PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL DAN KARAKTER FASAD TERMINAL PENUMPANG BANDAR UDARA SUKABUMI. *PROSIDING SEMINAR INTELEKTUAL MUDA* #8, 4(1). <https://doi.org/10.25105/psia.v4i1.16365>

- Htet, A., Liana, S. R., Aung, T., & Bhaumik, A. (2023). Economic and Environmental Impact Analysis of Green Building Materials in Facade Engineering. *International Journal of Membrane Science and Technology*, 10(2), 2805–2814. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i2.2973>
- Ilvitskaya, S. V., Lobkov, V. A., & Lobkova, T. V. (2019). Natural materials in sustainable architecture building system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 687(5), 055030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/687/5/055030>
- Kawa, G., Galle, W., & De Temmerman, N. (2022). Developing a ‘Design with Reuse’ guide. Case study analysis from a design procedural perspective for the integration of reclaimed wood in façade architecture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1122(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1122/1/012032>
- Sadanand, A., Chander, S., & Devadas, M. (2022). A Dialogue with Nature Through Biophilic Design: Focus on the Façade Wall in the Architecture of Laurie Baker’s Houses. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 17(1), 37–45. <https://doi.org/10.18280/ij dne.170105>
- Santoso, D. P. (2018). IMPLEMENTASI MATERIAL BATU ALAM, BAMBU, DAN ROTAN PADA INTERIOR HOTEL XERPA DI MAGELANG. *SENADA 2018 STD BALI*. <https://eprosiding.idbbali.ac.id/index.php/senada/article/download/87/68/131>

BAB 2

MATERIAL SEBAGAI ELEMEN ESTETIKA

Agung Prabowo Sulistiawan
Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Nasional Bandung
E-mail: agung.prabowo@itenas.ac.id

PENDAHULUAN

Material memainkan peranan penting dalam menciptakan pengalaman estetika yang menarik untuk pengguna dalam dunia desain. Pemilihan material yang tepat dan sesuai dapat mengubah suasana, tampilan dan identitas sebuah desain. Pada bab ini, kita akan menggali lebih dalam mengenai konsep material sebagai komponen estetika dalam desain, serta peran pentingnya dalam proses kreatif membuat karya desain yang indah dan memuaskan secara visual.

Material seperti kayu dan batu memberikan efek hangat dan menenangkan, sementara baja dan kaca memberikan tampilan yang bersih dan modern. Setiap bahan memiliki fitur dekoratif unik yang dapat menciptakan suasana dan identitas yang berbeda untuk ruang atau produk tertentu (Sauer, 2010).

Memilih material yang tepat dapat mengubah suasana ruangan. Misalnya, menggunakan kayu dengan serat yang terlihat dan tekstur yang kuat dapat menciptakan suasana yang hangat dan ramah. Di sisi lain, menggunakan marmer atau granit dengan permukaan yang halus dan pola yang indah dapat memberikan kesan yang sangat elegan dan indah. Material dan Desain menunjukkan bahwa pemahaman yang komprehensif mengenai karakteristik material memungkinkan desainer untuk memilih material terbaik untuk menciptakan suasana yang diinginkan (Ashby & Johnson, 2009).

Pemilihan bahan adalah bagian penting dari proses kreatif dalam desain. Desainer akan mempertimbangkan berbagai aspek seperti daya tahan, biaya, ketersediaan, dan estetika saat memilih sebuah barang. Pollack mengatakan inovasi dalam material baru sering kali membuka peluang desain baru yang sebelumnya tidak terpikirkan. Sistem kreatif ini menunjukkan pengalaman memiliki hal-hal yang berbeda untuk menemukan perpaduan yang paling efektif dalam menciptakan ide desain yang indah dan memuaskan secara visual.

Material mengkilap, seperti logam atau kaca, juga menambah dimensi visual yang menarik pada desain arsitektur. Kilauan ini tidak hanya meningkatkan estetika visual ruangan, namun juga dapat memberikan sentuhan kemewahan dan keanggunan yang biasa dicari pada desain interior maupun eksterior bangunan. Logam, misalnya, dapat digunakan dalam berbagai bentuk dan ukuran untuk menciptakan efek visual yang berbeda, dari yang halus hingga yang lebih dramatis, tergantung pada bagaimana dan di mana bahan tersebut diterapkan (Lestari & Alhamdani, 2014).

Memahami konsep material sebagai aspek estetika desain memberikan para desainer alat untuk menggunakan material secara imajinatif dalam menciptakan karya yang unik dan memuaskan. Memilih material yang tepat dan mempertimbangkan kualitasnya, para desainer dapat menciptakan pengalaman yang indah dan unik bagi pengguna. Oleh karena itu, peran material dalam menciptakan sesuatu yang indah dan memuaskan tidak boleh diabaikan dalam sebuah proses desain.

PENGERTIAN MATERIAL DALAM DESAIN

Sebelum kita membahas peran material dalam desain, penting untuk meninjau kembali konsep dasar material. Material dalam pengertian ini mengacu pada zat atau komposisi yang

digunakan untuk menciptakan suasana yang hangat dan alami, sementara baja dan kaca memberikan tampilan yang modern dan futuristik. Selain itu, bahan daur ulang juga populer saat ini karena dapat menciptakan karakteristik sosial dan lingkungan. Strategi pemilihan yang kompeten adalah kunci keberhasilan desain. Desainer perlu memahami karakteristik setiap objek dan bagaimana mereka berinteraksi dengan cahaya dan ruang. Fungsi yang tepat dapat menciptakan perbedaan yang berbeda dan meningkatkan kualitas mata.

Misalnya, menghubungkan kaca yang dapat menciptakan keseimbangan antara teks dan pemahaman. Selain aspek estetika, banyak hal yang juga memengaruhi pekerjaan dan kinerja desain. Memilih bahan yang tepat dapat meningkatkan umur panjang dan efisiensi, serta menciptakan pengalaman yang memuaskan. Desainer yang sukses mampu menggabungkan ide desain dengan pilihan material yang tepat, memastikan keselarasan antara fungsi dan estetika.

Pemahaman yang baik tentang karakteristik material dan strategi pemilihan, desainer dapat menciptakan proyek yang menarik, fungsional, dan berkelanjutan. Proses dan sistem perencanaan pemilihan merupakan salah satu dasar untuk menciptakan jasa desain, jangan lupa jasa keamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, T. (2019). *The Role of Glass in Contemporary Architecture* [Architectural Review].
- Ashby, M., & Johnson, K. (2009). *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier.
- Brown, R. (2021). Material Integration in Contemporary Architecture. *Design Strategies Journal*, 77–91.

- Chang, L., & Wang, H. (2019). Enhancing Design Aesthetics through Strategic Material Selection. *Journal of Material Design*, 123–137.
- Davis, M., & Wilkins, R. (2020). *Material Selection in Architectural Design: Strategies and Approaches* [Architectural Review].
- Gerges, M., & Haddad, R. (2023). *Innovative Uses of Concrete in Modern Construction* [Construction Materials Review].
- Jones, L., & Roberts, M. (2019). Harmony in Material Selection: Enhancing Interior Design through Strategic Material Combinations. *Journal of Interior Design*, 112–125.
- Lestari, & Alhamdani. (2014). Penerapan Material Kaca dalam Arsitektur. *Jurnal Bangkai Bentang*, 1(2).
- Li, Y., & Wang, L. (2021). The Impact of Material Combination on Aesthetic Design. *International Journal of Aesthetic Design*, 23(3), 210–225.
- Martinez, L., & Garcia, F. (2022). Modern Architecture: The Aesthetic and Functional Role of Materials. *International Journal of Architecture and Planning*, 55–68.
- Papanek, V. (2005). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change—Second Edition—Completely Revised* (2nd ed.). Academy Chicago Publisher.
- Park, J., & Lee, H. (2019). The Role of Natural Materials in Interior Design: Creating Warm and Inviting Spaces. *Journal of Interior Design*, 44(3), 145–160.
- Ruddick, J., & Atkin, P. (2020). Natural Wood Textures and Their Application in Interior Design. *Journal of Interior Design*, 45(1), 123–135.
- Sauer, C. (2010). *Made of —: New Materials Sourcebook for Architecture and Design*. Gestalten.
<https://books.google.co.id/books?id=IoTiQgAACAAJ>

- Smith, J., & Clark, H. (2022). Recycled Materials in Contemporary Design. *Design for Sustainability Journal*, 18(1), 50–65.
- Ståhl, B., & Schachner, R. (2019). Sustainable Materials in Design. *Journal of Sustainable Design*, 15(2), 125–139.
- Tan, S., & Chia, L. (2022). Sustainable Building Materials: The Case of Bamboo in Southeast Asian Architecture. *Sustainable Architecture Journal*, 14(4), 210–225.
- White, R. (2022). Functional and Aesthetic Considerations in Material Selection for Modern Architecture. *Design Innovations*, 45–60.
- Williams, R., & Thomas, L. (2019). Sustainable Materials in Contemporary Design: Creating Identity and Environmental Responsibility. *Journal of Sustainable Design*, 12(3), 221–234.
- Zang, Y., & Liu, H. (2021). The Use of Metal in Modern Architectural Design. *International Journal of Architecture and Planning*, 32(2), 98–112.

BAB 3

ASPEK KESEHATAN DALAM PEMILIHAN MATERIAL

Estar Putra Akbar
Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak
E-mail: estar_akbar@polnep.ac.id

PENDAHULUAN

Kesehatan menjadi kebutuhan utama yang paling mendasar, kesehatan menjadi aspek yang sangat vital karena menentukan dalam keberlangsungan kehidupan manusia dalam melakukan aktivitas di ruang arsitektur. Pandemi Covid-19 menyadarkan bahwa pentingnya pemilihan material yang dapat dengan mudah dibersihkan atau disterilisasi dan sering kali berupa ruangan yang tertutup, manusia mulai memikirkan bagaimana aliran udara dan pencahayaan dapat dengan mudah bersirkulasi dalam bangunan.

Salah satu cara bagi pengusaha untuk menunjukkan komitmen mereka terhadap bangunan yang sehat adalah melalui program sertifikasi pihak ketiga yang diakui seperti WELL, *Fitwel*, dan RESET. Ketika diskusi beralih dari bangunan ramah lingkungan ke bangunan sehat, standar dan program sertifikasi juga perlu diperbarui, dengan meningkatnya kesadaran akan dasar-dasar bangunan yang sehat seperti kualitas udara dalam ruangan, kualitas air, dan kenyamanan termal, serta cara yang lebih baik untuk mengukurnya, sertifikasi kini dapat menetapkan tolok ukur yang jelas dan terukur untuk metrik kesehatan utama (selain metrik lingkungan) (*Understanding Healthy Building Standards and Certifications*, 2022). Peristiwa ini menjadi menyadarkan kita juga pentingnya dalam pemilihan material yang dapat memberikan perlindungan dari sisi aspek

kesehatan dengan menggunakan material yang mudah untuk dibersihkan.

Pada Kongres Arsitek tahun 2023 *UIA World Congress of Architects* mengangkat tema *Design for Health* menjadi perhatian khusus mengenai isu kesehatan, Lingkungan binaan mempunyai hubungan langsung dengan kondisi kesehatan perlu memperhatikan cahaya alami, ventilasi, kepadatan, dan penyediaan infrastruktur dasar merupakan persyaratan utama untuk meningkatkan kondisi kesehatan (Bärnheim, 2023).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 tahun 2014 tentang kesehatan Lingkungan (Kementerian Kesehatan, 2023) kesehatan lingkungan adalah upaya pencegahan penyakit dan/atau gangguan kesehatan dari faktor risiko lingkungan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat baik dari aspek fisik, kimia, biologi, maupun sosial. Dan juga tertuang dalam bentuk Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan yang selanjutnya disingkat SBMKL adalah spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media lingkungan yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan Masyarakat. Hampir 50% penyebab penyakit pernapasan bersumber dari kualitas udara dalam ruangan yang bisa ditimbulkan dari material bangunan yang digunakan seperti bahan VOC (*Volatile Organic Compounds*) (Montjoy, 2023).

semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua dalam memilih material yang akan kita gunakan pada bangunan, saran dan masukan untuk perbaikan tentu sangat kami harapkan untuk perbaikan dimasa yang akan datang, kurang lebihnya kami sampaikan maaf dan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaresta, L. (2023). *7 Jenis Material Atap Rumah yang Aman & Kokoh*. <https://hypeabis.id/read/28957/7-jenis-material-atap-rumah-yang-aman-kokoh>
- Bärnheim, P. M. (2023). *Design for Health at the UIA World Congress of Architects 2023*. https://www.archdaily.com/1002652/design-for-health-at-the-uia-world-congress-of-architects-2023?ad_campaign=normal-tag
- ECOANOUK. (n.d.). *The Complete Guide to Eco-friendly Paint for Walls*. 2023. <https://ecoanouk.com/eco-friendly-paint-for-walls/>
- Introduction to Indoor Air Quality | US EPA*. (2024). <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>
- IWBI Delos Living LLC. (2016). WELL Building Standard v1 with May 2016 addenda. *WELL Building Standard, May*. <https://standard.wellcertified.com/sites/default/files/The WELL Building Standard v1 with May 2016 addenda.pdf>
- Kementerian Kesehatan. (2023). permenkes No. 2. *Kemenkes Republik Indonesia, 151(2)*, Hal 10-17.
- Kementerian PUPR. (2021). Permen Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021. *Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 21*, 95–140.
- Montjoy, V. (2023). *What Materials Can Promote Health in Interior Architecture?*

- <https://www.archdaily.com/989880/what-materials-can-promote-health-in-interior-architecture#:~:text=When it comes to conventional,physical and mental well-being.>
- Na'imah, S. (2022). 8 Bahan Kimia Beracun yang Sering Ditemui Dalam Rumah. <https://hellosehat.com/hidup-sehat/kebersihan-diri/bahan-kimia-beracun-dalam-produk-rumah-tangga/>
- PUPR, K. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14/PRT/M/2017 Tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung. In *Block Caving – A Viable Alternative?*
- Ramadhan, B. M., Pribadi, I. G. O. S., & Rosnarti, D. (2021). Penggunaan Material Ramah Lingkungan Pada Bangunan Terminal Bandar Udara Dewadaru. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3(1), 322–329. <https://doi.org/10.25105/psia.v3i1.13061>
- Ramadhiani, A. (2015). *Cegah Penyakit, Power Produksi Pipa Bebas Timbal*. <https://properti.kompas.com/read/2015/03/03/210000821/Cegah.Penyakit.Power.Produksi.Pipa.Bebas.Timbal>
- Segura, C. (2018). *Non-Toxic Pipe Options: Chemical & Metal Leaching*. <https://www.mychemicalfreehouse.net/2018/02/best-option-for-pipes.html>
- Segura, C. (2024a). *Guide to Non-Toxic Flooring 2024*. <https://www.mychemicalfreehouse.net/2021/04/zero-voc-flooring.html>
- Segura, C. (2024b). *Non-Toxic Insulation: A Complete Guide*. <https://www.mychemicalfreehouse.net/2024/04/zero-voc-insulation.html>
- Souza, E. (2022). *What Building Materials Can Be Harmful to Our Health?* <https://www.archdaily.com/976533/what-building-materials-can-be-harmful-to-our-health>

Understanding Healthy Building Standards and Certifications.
(2022).

<https://learn.kaiterra.com/en/resources/understanding-healthy-building-standards-and-certifications>

Zilliacus, A. (2024). *16 Materials Every Architect Needs to Know (And Where to Learn About Them).*

<https://www.archdaily.com/801545/16-materials-every-architect-needs-to-know-and-where-to-learn-about-them>

BAB 4

MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN

Rina Ningtyas
Politeknik Negeri Jakarta
E-mail: rina.ningtyas@grafika.pnj.ac.id

PENDAHULUAN

Sekitar 40% dari semua emisi CO₂ berasal dari konstruksi dan penggunaan bangunan, 15% di antaranya terkait dengan produksi bahan bangunan. Oleh karena itu, sangat penting bagi industri konstruksi untuk beralih ke pendekatan yang lebih hijau dalam konstruksi bangunan. Selain itu, penggunaan berlebihan pasir alam dan sungai (yang kemungkinan digunakan sebagai agregat halus dalam beton) berdampak buruk pada keberlanjutan lingkungan (Sangmesh et al., 2023). Dalam (Rodrigues et al., 2018a), bahan bangunan adalah material yang paling berkontribusi terhadap total energi dan karbon yang tertanam. Secara khusus, bahan-bahan yang lebih diproses seperti logam dan beton memberikan kontribusi lebih banyak, karena pemrosesan mereka melibatkan lebih banyak energi dan oleh karena itu menghasilkan lebih banyak emisi karbon.

Dalam setiap aktivitas konstruksi, material adalah komponen penting. Namun dalam konstruksi, terdapat ketergantungan yang besar pada material buatan manusia dibandingkan dengan material dari sumber daya alam. Pembuatan bahan bangunan mengeluarkan sejumlah besar CO₂, CO, NO₂, dan gas serta produk sampingan lain yang tidak ramah lingkungan yang mungkin beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia serta lingkungan. Berdasarkan hal tersebut, sektor infrastruktur menjadi salah satu penyebab utama degradasi lingkungan (Kumar et al., 2020).

Selain itu, saat ini salah satu target SDGs (*Sustainable Development Goals*) PBB adalah mengurangi emisi karbon, menghentikan pemanasan global, dan mencapai Net Zero pada tahun 2050. Berdasarkan hal itu, material bangunan ramah lingkungan, konstruksi, dan desain ekologis menjadi perhatian utama dalam lingkungan yang dibangun. Bangunan harus ramah lingkungan (misalnya, dapat digunakan kembali dan menawarkan lingkungan dalam yang layak) dan membantu terwujudnya SDGs (Ekhaese & Ndimako, 2023)

Berdasarkan hal tersebut, dalam memilih bahan bangunan konstruksi sangat perlu untuk mengadopsi material bangunan alternatif yang bersifat asli dan ramah lingkungan. Limbah agro telah menunjukkan potensi sebagai bahan alternatif berkelanjutan yang dapat diterapkan dalam konstruksi bangunan. Penerapan limbah pertanian telah terbukti sebagai solusi teknologi yang komersial dan berkelanjutan untuk bahan bangunan konstruksi yang dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam dengan keselamatan energi (Sangmesh et al., 2023). Pemilihan material ramah lingkungan harus memperhatikan karakteristik efisiensi energi, ketersediaan yang mudah, dan tidak mengganggu sistem ekologi lingkungan (Kumar et al., 2020). Sumber material bangunan juga harus dipertimbangkan dengan meminimalkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan masyarakatnya (Ekhaese & Ndimako, 2023).

Dalam bab ini akan dibahas berbagai hal terkait dengan material ramah lingkungan dan manfaatnya yang berkaitan dengan konstruksi dan penggunaan bangunan, faktor yang mempengaruhi material ramah lingkungan, dan pemanfaatan limbah sebagai material ramah lingkungan. Selain itu, juga dibahas tantangan dan solusi dalam penerapan material ramah lingkungan.

ramah lingkungan dalam konstruksi, masih diperlukan upaya penelitian dan pengembangan lebih lanjut untuk mengatasi hambatan-hambatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ekhaese, E. N., & Ndimako, O. O. (2023). Eco-friendly construction materials and health benefits in the design of an all-inclusive health resorts, Nigeria. *Frontiers in Built Environment*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1011759>
- Eze, E. C., Sofolahan, O., & Omoboye, O. G. (2023). Assessment of barriers to the adoption of sustainable building materials (SBM) in the construction industry of a developing country. *Frontiers in Engineering and Built Environment*, 3(3), 153–166. <https://doi.org/10.1108/febe-07-2022-0029>
- Jahangir, F. J. (2017). *SUSTAINABLE GREEN MATERIALS FOR BUILDING CONSTRUCTION*. <https://www.researchgate.net/publication/351345802>
- Kore, S. D., Balaji, N., & Sudarsan, J. S. (2023). Feasibility study of adopting green materials in construction by stake holder's perception using ANOVA based quantitative analysis technique. *Materials Today: Proceedings*, 92, 1688–1693. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.335>
- Kumar, S., Puri, V., & Aggarwal, M. L. (2020). REVIEW OF SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS FOR CONSTRUCTION INDUSTRY. *International Journal of Technical Research & Science, Special(Issue3)*, 1–8. <https://doi.org/10.30780/specialissue-icaccg2020/023>
- Marzouk, H. A., Arab, M. A., Fattouh, M. S., & Hamouda, A. S. (2023). Effect of Agricultural Phragmites, Rice Straw, Rice Husk, and Sugarcane Bagasse Ashes on the Properties and Microstructure of High-Strength Self-Compacted Self-

- Curing Concrete. *Buildings*, 13(9).
<https://doi.org/10.3390/buildings13092394>
- Mfon, I., & Bassey, L. (2023). Sustainable Materials and Construction Practices in Industrial Buildings. *International Journal of Developmental Studies and Environmental Monitoring (IJDSEM)*, 2(1), 41–52.
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24514870>
- Nowotna, A., Pietruszka, B., & Lisowski, P. (2019). Eco-Friendly Building Materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012024>
- Raheem, A. A., & Ikotun, B. D. (2020). Incorporation of agricultural residues as partial substitution for cement in concrete and mortar – A review. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 31). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101428>
- Rodrigues, V., Martins, A. A., Nunes, M. I., Quintas, A., Mata, T. M., & Caetano, N. S. (2018a). LCA of constructing an industrial building: Focus on embodied carbon and energy. *Energy Procedia*, 153, 420–425.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.018>
- Rodrigues, V., Martins, A. A., Nunes, M. I., Quintas, A., Mata, T. M., & Caetano, N. S. (2018b). LCA of constructing an industrial building: Focus on embodied carbon and energy. *Energy Procedia*, 153, 420–425.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.018>
- Sangmesh, B., Patil, N., Jaiswal, K. K., Gowrishankar, T. P., Selvakumar, K. K., Jyothi, M. S., Jyothilakshmi, R., & Kumar, S. (2023). Development of sustainable alternative materials for the construction of green buildings using agricultural residues: A review. In *Construction and Building Materials* (Vol. 368). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130457>

- Suhamad, D. A., & Martana, S. P. (2020). Sustainable Building Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/879/1/012146>
- Umar Dani, A., & Tahir, D. (2023). Geopolymer Innovation in Construction: Environmentally Friendly and Sustainable Materials. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2), 148–155. <https://doi.org/10.24252/al-khazini.v3i2.42121>

BAB 5

PEMILIHAN MATERIAL DALAM MITIGASI BENCANA

Nitih Indra Komala Dewi
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
E-mail: nitih@upi.edu

PENDAHULUAN

Bencana alam adalah fenomena yang dapat memberikan dampak signifikan terhadap kehidupan manusia, baik dari segi sosial, ekonomi, maupun lingkungan. Kejadian seperti banjir, tanah longsor, tsunami, dan gempa bumi sering kali menyebabkan kerusakan besar, terutama di wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi. Kondisi ini memaksa manusia untuk terus meningkatkan upaya mitigasi dan adaptasi, termasuk melalui pendekatan teknologi, perencanaan, dan penggunaan material yang tepat. Pemahaman mendalam karakteristik setiap jenis bencana, langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan dapat dirancang secara lebih efektif untuk mengurangi risiko dan dampaknya.

Gempa bumi adalah salah satu bencana yang memiliki sifat tidak terduga dan berpotensi menimbulkan kerugian besar. Berbeda dengan banjir atau badai yang dapat diprediksi dengan teknologi cuaca, gempa bumi dapat terjadi kapan saja tanpa peringatan yang cukup. Meskipun gempa itu sendiri tidak membahayakan manusia secara langsung, namun dampaknya terhadap bangunan sering kali menjadi penyebab utama korban jiwa dan kerusakan infrastruktur. Mitigasi risiko gempa, terutama dalam konteks pemilihan material, menjadi fokus penting untuk memastikan keselamatan manusia serta ketahanan infrastruktur di wilayah rawan gempa.

Melakukan penilaian resiko bahaya gempa secara menyeluruh terhadap lokasi tertentu sangat penting, dengan mengikuti standar desain yang ditetapkan akan memastikan bangunan dapat menahan gaya gempa (Shareef, 2023). Menentukan strategi efektif yang berfokus pada peningkatan ketahanan seismik, meminimalkan kerusakan, dan memastikan keselamatan penghuni selama peristiwa gempa. Mitigasi gempa bumi dapat dilakukan melalui perencanaan struktur bangunan dengan pendekatan multifaset yang mengintegrasikan desain arsitektur, rekayasa struktural, dan teknologi inovatif. Metode perkuatan konvensional sering kali berdampak negatif terhadap kemampuan bangunan dalam menghadapi gempa, sehingga diperlukan pembaharuan dalam pelaksanaannya untuk menghindari kesalahan yang umum terjadi (Piancastelli, 2022). Penerapan standar desain yang sesuai berperan penting dalam meningkatkan kemampuan bangunan merespon gaya gempa. Standar ini mencakup pengaturan elemen struktural, seperti keseimbangan massa dan kekuatan rangka, yang dirancang untuk menghadapi gaya seismik secara optimal (Shareef, 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ashari, yang menyatakan bahwa jika perencanaan bangunan dan tata ruang mengikuti standar yang benar, risiko bencana seperti gempa bisa dikurangi (Anggita et al., 2022).

Dalam mitigasi bencana gempa, pemilihan material yang tepat menjadi kunci utama untuk memastikan keamanan dan kemampuan struktur bangunan. Studi-studi terdahulu telah menunjukkan bahwa variasi perletakan dan interaksi tanah-struktur memainkan peran penting dalam bangunan merespons gaya gempa (Rahayu & Pawirodikromo, 2023). Selain itu, perkuatan struktur melalui metode seperti concrete jacketing juga terbukti efektif dalam meningkatkan kekuatan dan daktilitas bangunan (Rahman et al., 2023), sayangnya beberapa metode yang efektif dalam meningkatkan kekuatan bangunan

mudah retak atau hancur, menjadi pilihan utama dalam konstruksi tahan gempa. Namun, pemilihan material sering kali menghadapi berbagai tantangan, terutama di daerah-daerah tertentu yang sulit diakses atau terlalu mahal untuk masyarakat di wilayah terpencil. Dalam situasi ini, solusi kreatif seperti memanfaatkan material lokal yang lebih terjangkau menjadi pilihan yang efektif. Penggunaan teknologi modern, seperti perkuatan serat pada material lokal, juga dapat meningkatkan kekuatan dan fleksibilitas bahan tersebut.

Selain itu, penting untuk menyeimbangkan tiga aspek utama dalam memilih material: harga, ketersediaan, dan kekuatan. Material yang terlalu mahal mungkin tidak realistis untuk digunakan di wilayah dengan sumber daya terbatas, sedangkan bahan yang mudah tersedia namun berkualitas rendah bisa meningkatkan risiko kerusakan bangunan. Pendekatan yang bijaksana dan inovatif diperlukan untuk memastikan bahwa bangunan tidak hanya aman, tetapi juga ekonomis dan berkelanjutan, harapannya, masyarakat dapat membangun struktur yang lebih tangguh dan siap menghadapi gempa bumi, sekaligus memastikan bahwa pembangunan tetap inklusif dan dapat diterapkan di berbagai kondisi sosial dan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. (2016). Use of coconut fibre reinforced concrete and coconut-fibre ropes for seismic-resistant construction. *Materiales de Construcción*, 66(321), e073. <https://doi.org/10.3989/mc.2016.01015>
- Anggita, S., Amanda, Y. A., Isnaini, K., Anggraeni, R. D., Zubaidah, Z., Nabil, J. N., & Mutaifiin, R. A. (2022). Model Rumah Panggung Masyarakat Kampung Naga Sebagai Bentuk Kearifan Lokal Dalam Mengurangi Resiko Bencana Gempa Bumi. *MAJALAH PEMBELAJARAN GEOGRAFI*, 5(2), 119. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i2.35700>

- Asad, R., Saleem, M. Q., Habib, M. S., Mufti, N. A., & Mayo, S. M. (2023). Seismic risk assessment and hotspots prioritization: A developing country perspective. *Natural Hazards*, 117(3), 2863–2901. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05970-7>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024a, February 22). *Jumlah Korban yang Diakibatkan Bencana Alam Menurut Provinsi, 2023* [Data Statistik]. Jumlah Korban Yang Diakibatkan Bencana Alam Menurut Provinsi, 2023. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/T0VGNVR6UkVaakVyUmxWTU1YtIhSQzkzYW1vclFUMDkjMw==/jumlah-korban-yang-diakibatkan-bencana-alam-menurut-provinsi--2023.html?year=2023>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2024b, February 26). *Jumlah Kerusakan Rumah yang Diakibatkan Bencana Alam Menurut Provinsi, 2023* [Data Statistik]. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/UjFsT05rbGlXWE55VWpScU1VZGxMMk5YSzBrMmR6MDkjMw==/jumlah-kerusakan-rumah-yang-diakibatkan-bencana-alam-menurut-provinsi--2022.html>
- Bolorizadeh, M., Abbasi Harofteh, M., & Owlia, M. R. (2023). Architectural Seismic Principles Influential to Earthquake Resistance of Mud-Brick Structures: Case Study of the Remains from the 2003 Bam Earthquake. *Journal of Architectural Engineering*, 29(1), 05022011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000546](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000546)
- Brara, A., & Boumezerane, D. (2023). Numerical Simulation of Geotechnical Isolation of Building Subjected to Earthquake Using Rubber Sand Mixtures. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 66, 45–59. <https://doi.org/10.4028/p-AMZl3q>
- Dollet, C., & Guéguen, P. (2022). Global occurrence models for human and economic losses due to earthquakes (1967–

- 2018) considering exposed GDP and population. *Natural Hazards*, 110(1), 349–372. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04950-z>
- Gamal, Y. A. S., & Elrazek, M. A. (2022). Evaluation of the seismic performance of lightweight concrete multistory buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1269(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1269/1/012004>
- Grigorian, M., Sedighi, S., & Mohammadi, H. (2024). Limit state design of resilient earthquake-resisting systems. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings*, 177(8), 699–711. <https://doi.org/10.1680/jstbu.22.00202>
- Huang, L., Liu, Q., & Tang, Y. (2024). Long-term economic impact of disasters: Evidence from multiple earthquakes in China. *World Development*, 174, 106446. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106446>
- Kaplan, B., & Sahin, F. (2022). Determination of Earthquake Behaviors of a Reinforced Concrete Building with and without Earthquake Base Isolation. *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 51–60. <https://doi.org/10.54203/jceu.2022.8>
- Lad, K. (2024). Earthquake Resisting Building by using Base Isolation. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(4), 1126–1131. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.60012>
- Landolfo, R. (2018). Lightweight Steel Constructions for Seismic Areas. *Key Engineering Materials*, 763, 32–49. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.763.32>
- Milani, G., Formisano, A., & Clementi, F. (2017). Open Challenges in Seismic Design of New Structures and Vulnerability Reduction of Existing Buildings. *The Open*

- Civil Engineering Journal*, 11(1), 1024–1025.
<https://doi.org/10.2174/1874149501711011024>
- Miniaci, M., Kherraz, N., Cröenne, C., Mazzotti, M., Morvaridi, M., Gliozzi, A. S., Onorato, M., Bosia, F., & Pugno, N. M. (2021). Hierarchical large-scale elastic metamaterials for passive seismic wave mitigation. *EPJ Applied Metamaterials*, 8, 14.
<https://doi.org/10.1051/epjam/2021009>
- Piancastelli, L. (2022). Common Mistakes and Their Fixes in Earthquake-Resistant Buildings. *Acadlore Transactions on Geosciences*, 1(1), 12–21.
<https://doi.org/10.56578/atg010103>
- Prasad, M. (2023). Design of Earthquake Resistant Buildings: Useful Guidelines. *AMC Indian Journal of Civil Engineering*, 6(1), 31.
<https://doi.org/10.17010/ijce/2023/v6i1/173004>
- Pugach, E., Levinskoy, K., & Shipov, D. (2024). Building practice of energy efficient earthquake-resistance buildings. *E3S Web of Conferences*, 531, 05004.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453105004>
- Rahayu, P., & Pawirodikromo, W. (2023). Studi Variasi Perletakan Pada Respon Seismik Bangunan 17 Lantai. *Konstruksia*, 14(2), 119.
<https://doi.org/10.24853/jk.14.2.119-127>
- Rahman, A., Samsunan, S., Refiyanni, M., Faisal, R., Shaskia, N., & Soksen, S. P. (2023). Analisis Kekuatan Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode Concrete Jacketing. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 6(1), 53–64. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v6i1.31164>
- Rumbayan, R., Kandou, C. D. E., Wala, M. M., & Tombeg, B. A. (2021). The development of traditional wooden house using local coco wood waste as strategy for facing earthquakes. *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science*, 739(1), 012032.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012032>
- Sarwar, W. (2019). Viscoelastic Material as Energy Dissipater Viscoelastic Damper for Building Structures to Mitigate the Seismic Vibration. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 29(2), 41–49. <https://doi.org/10.2478/ceer-2019-0015>
- Severn, R. T. (2013). Aspects of the performance of different materials in earthquakes. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials*, 166(5), 316–325. <https://doi.org/10.1680/coma.12.00004>
- Shareef, S. S. (2023). Earthquake Consideration in Architectural Design: Guidelines for Architects. *Sustainability*, 15(18), 13760. <https://doi.org/10.3390/su151813760>
- Stręk, A. M., Lasowicz, N., Kwiecień, A., Zajac, B., & Jankowski, R. (2021a). Highly Dissipative Materials for Damage Protection against Earthquake-Induced Structural Pounding. *Materials*, 14(12), 3231. <https://doi.org/10.3390/ma14123231>
- Stręk, A. M., Lasowicz, N., Kwiecień, A., Zajac, B., & Jankowski, R. (2021b). Highly Dissipative Materials for Damage Protection against Earthquake-Induced Structural Pounding. *Materials*, 14(12), 3231. <https://doi.org/10.3390/ma14123231>
- V. Ausan, R. A. (2020). Resiliency Of A Four-Storey Standard School Building Using The Redi Framework. *International Journal of GEOMATE*, 18(70). <https://doi.org/10.21660/2020.70.9240>
- Vavryčuk, V. (2015). Earthquake Mechanisms and Stress Field. In M. Beer, I. A. Kougoumtzoglou, E. Patelli, & I. S.-K. Au (Eds.), *Encyclopedia of Earthquake Engineering* (pp. 1–21). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197-5_295-1

- Zalohar, J. (2018). What Causes Earthquakes? In *Developments in Structural Geology and Tectonics* (Vol. 2, pp. 179–190). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814580-7.00015-0>
- Zhang, W., Deng, M., Guo, L., Qiu, Z., Yang, S., & Dong, Z. (2022). *Seismic Strengthening of Unreinforced Concrete Block Masonry Walls with High Ductile Fiber-Reinforced Concrete (HDC)*. <https://doi.org/10.1080/13632469.2022.2121790>
- Zheng, J. (2022). Structure and Materials of Urban Construction for Earthquakes and Fire Disasters Prevention. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 10, 141–148. <https://doi.org/10.54097/hset.v10i.1243>

BAB 6

TEKNOLOGI DAN REKAYASA MATERIAL ALAM

Elvinda Bendra Agustina
Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan
E-mail: elvindabendra89@gmail.com

PENDAHULUAN

Teknologi dan rekayasa material alam merupakan bidang studi yang berkaitan dengan pengembangan, pemrosesan, dan penerapan material alami untuk berbagai aplikasi teknologi. Melibatkan pemahaman tentang sifat-sifat material alam, proses-proses produksi, serta cara-cara untuk memodifikasi atau meningkatkan kinerja material tersebut sesuai dengan kebutuhan spesifik. Rekayasa material alam adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pengembangan dan pemrosesan material alami untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai bidang, seperti konstruksi, industri, kedokteran, dan lingkungan. Melibatkan pemahaman mendalam tentang sifat-sifat material alam, serta penggunaan teknik rekayasa untuk memodifikasi atau meningkatkan kinerja material tersebut, baik dalam hal kekuatan, keawetan, atau sifat-sifat lainnya.

TEKNOLOGI DAN REKAYASA MATERIAL ALAM

Teknologi dan rekayasa material alam mencakup penerapan prinsip-prinsip ilmiah untuk memanipulasi dan menyempurnakan bahan yang berasal dari alam untuk berbagai kegunaan praktis. Menurut penelitian, teknologi dalam konteks ini mengacu pada penerapan pengetahuan secara sistematis untuk mengembangkan proses dan produk yang memanfaatkan bahan-bahan alami secara efektif. Hal ini mencakup inovasi dalam pengolahan material, dimana sumber daya alam diubah

menjadi produk fungsional melalui teknik rekayasa (Jhanji Dhir, 2022). Rekayasa material alami secara khusus melibatkan desain dan optimalisasi material tersebut untuk memenuhi kriteria kinerja tertentu, seperti kekuatan, daya tahan, dan keberlanjutan. Misalnya saja, kemajuan dalam bidang bioteknologi telah mengarah pada pengembangan material komposit yang menggabungkan serat alami dengan resin sintetis, sehingga meningkatkan sifat mekaniknya sekaligus menjaga manfaat lingkungan. Selain itu, integrasi nanoteknologi dalam rekayasa material alami telah membuka jalan baru untuk meningkatkan karakteristik material pada tingkat molekuler, yang mengarah pada peningkatan aplikasi di berbagai bidang (T. Khan et al., 2023). Secara keseluruhan, sinergi antara teknologi dan rekayasa dalam bidang ini bertujuan untuk menciptakan solusi berkelanjutan yang memanfaatkan sifat inheren bahan alami.

Teknologi material alam mengacu pada penggunaan dan penerapan inovatif bahan yang berasal dari sumber alami, dengan menekankan keberlanjutan dan kompatibilitas lingkungan. Bidang ini mencakup berbagai pendekatan, termasuk pengembangan bahan biodegradable, pemanfaatan sumber daya terbarukan, dan peningkatan bahan tradisional melalui teknik modern. Misalnya, penelitian menyoroti potensi serat alami dan biopolimer dalam menciptakan komposit ramah lingkungan yang dapat menggantikan bahan sintetis dalam berbagai aplikasi, seperti konstruksi dan pengemasan (Perminova, 2019). Selain itu, kemajuan dalam teknologi bahan alami juga berfokus pada peningkatan kinerja dan daya tahan bahan-bahan tersebut, memastikan bahan-bahan tersebut memenuhi permintaan industri kontemporer sekaligus meminimalkan dampak ekologis (Rahman et al., 2023). Namun, tantangan tetap ada, seperti skalabilitas produksi dan kebutuhan metode pengujian standar untuk mengevaluasi sifat bahan alami. Secara keseluruhan, teknologi material alami mewakili titik

spesifik. Beberapa contoh materi teknologi dan rekayasa material alam: komposit serat alam (NFC), material kayu termodifikasi, batu rekayasa, material berbasis serat, material berbasis selulosa, bahan bangunan ramah lingkungan, material berbasis limbah, material berbasis kulit, material berbasis jamur, papan serat jerami, bambu laminasi, dan kertas daur ulang. Sedangkan beberapa contoh teknik rekayasa material alam : Pengolahan termal, kimia, laminasi, ekstraksi, bentuk dan pemrosesan, penggunaan aditif dan bioproses.

DAFTAR PUSTAKA

- Dick, Sandberg., Andreja, Kutnar., Olov, Karlsson., Dennis, Jones. (2021). (5) Wood Modification Technologies: Principles, Sustainability, and the Need for Innovation.
- Hu, J., Fu, Z., Wang, X., & Chai, Y. (2022). Manufacturing and Characterization of Modified Wood with In Situ Polymerization and Cross-Linking of Water-Soluble Monomers on Wood Cell Walls. *Polymers*, 14(16), 3299. <https://doi.org/10.3390/polym14163299>
- Jhanji Dhir, Y. (2022). Natural Fibers: The Sustainable Alternatives for Textile and Non-Textile Applications. In H.-Y. Jeon (Ed.), *Natural Fiber*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106393>
- Khan, F., Hossain, N., Hasan, F., Rahman, S. M. M., Khan, S., Saifullah, A. Z. A., & Chowdhury, M. A. (2024). Advances of natural fiber composites in diverse engineering applications—A review. *Applications in Engineering Science*, 18, 100184. <https://doi.org/10.1016/j.apples.2024.100184>
- Khan, T., Sultan, M. T. B. H., & Ariffin, A. H. (2023). The Challenges of Natural Fiber in Manufacturing, Material Selection and Technology Application. In T. Khan & M. Jawaid (Eds.), *Green Hybrid Composite in Engineering and*

- Non-Engineering Applications* (pp. 1–13). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1583-5_1
- Palanisamy, S., Murugesan, T. M., Palaniappan, M., Santulli, C., & Ayrilmis, N. (2024). Fostering sustainability: The environmental advantages of natural fiber composite materials – a mini review. *Environmental Research and Technology*, 7(2), 256–269. <https://doi.org/10.35208/ert.1397380>
- Perminova, I. V. (2019). From green chemistry and nature-like technologies towards ecoadaptive chemistry and technology. *Pure and Applied Chemistry*, 91(5), 851–864. <https://doi.org/10.1515/pac-2018-1110>
- Rahman, F. Y., Bhattacharjee, D., & Hussain, S. A. (2023). An Account of Natural Material-Based Nonvolatile Memory Device. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, 93(3), 497–510. <https://doi.org/10.1007/s40010-023-00830-2>
- Saini, K., Matsagar, V. A., & Kodur, V. R. (2024). Recent advances in the use of natural fibers in civil engineering structures. *Construction and Building Materials*, 411, 134364. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134364>
- Shih, Y.-F., Chang, C.-W., Hsu, T.-H., & Dai, W.-Y. (2024). Application of Sustainable Wood-Plastic Composites in Energy-Efficient Construction. *Buildings*, 14(4), 958. <https://doi.org/10.3390/buildings14040958>
- Singh, S., & Kumar Gupta, P. (2023). Natural Fiber-Reinforced Polymer Composite: A Review. In A. Patnaik, A. Cavaleiro, M. K. Banerjee, E. Kozeschnik, & V. Kukshal (Eds.), *Manufacturing and Processing of Advanced Materials* (pp. 141–153). BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS. <https://doi.org/10.2174/9789815136715123010016>
- Smolnicki, M., Cieciora, M., Lesiuk, G., Correia, J., & Stabla, P. (2019). Fracture behaviour of engineering stone material.

- International Journal of Structural Integrity*, 12(1), 70–88.
<https://doi.org/10.1108/IJSI-05-2019-0047>
- Sun, X., Chen, Y., Chen, L., Zheng, D., Yang, M., Yao, W., & Zhang, Y. (2024). A Flame-Retardant, Water Resistant, and Degradable Wood Toward Construction Application. *Advanced Sustainable Systems*, 8(8), 2400024.
<https://doi.org/10.1002/adsu.202400024>
- Thapliyal, D., Verma, S., Sen, P., Kumar, R., Thakur, A., Tiwari, A. K., Singh, D., Verros, G. D., & Arya, R. K. (2023). Natural Fibers Composites: Origin, Importance, Consumption Pattern, and Challenges. *Journal of Composites Science*, 7(12), 506.
<https://doi.org/10.3390/jcs7120506>
- UEL, Filgueiras, M. D. B., Máximo, G. W. S., UFSC, Librelotto, L. I., UFSC, Rodrigues, M. R. P., IFSP, Vidal, L. M., & UFSC. (2023). Design solutions using 3D printing and natural materials. *ANAISSDS 2023*, 757–772.
<https://doi.org/10.29183/978-65-00-87779-3.sds2023.p757-772>
- Voutetaki, M. E., & Mpalaskas, A. C. (2024). Natural Fiber-Reinforced Mycelium Composite for Innovative and Sustainable Construction Materials. *Fibers*, 12(7), 57.
<https://doi.org/10.3390/fib12070057>

BAB 7

MATERIAL DALAM EFISIENSI ENERGI BANGUNAN

Citra Indriyati
Universitas Sriwijaya, Palembang
E-mail: citraindriyati@ft.unsri.ac.id

PENDAHULUAN

Industri konstruksi mengonsumsi energi dalam jumlah besar. Pengembangan material baru memiliki tujuan meningkatkan efisiensi termal bangunan menjadi penting. Material-material tersebut dapat mengurangi variasi suhu, peningkatan kenyamanan manusia dan pada saat yang sama mengurangi konsumsi energi bangunan, kemampuannya dalam menyerap dan melepaskan energi dari atau ke lingkungan.

Salah satu sektor utama yang menggunakan energi dalam jumlah besar adalah yang berkaitan dengan bangunan. Menurut Badan Energi Internasional (IEA), sektor bangunan menyumbang lebih dari 30% total konsumsi energi dan menghasilkan sekitar 30% total emisi CO₂. Penyebab utama peningkatan konsumsi energi adalah perubahan keseluruhan dalam standar hidup dan tuntutan kenyamanan untuk pemanasan di daerah dingin dan pendinginan di daerah panas. Konsekuensinya, efisiensi energi bangunan saat ini menjadi tujuan utama kebijakan energi di tingkat regional, nasional, dan internasional. Perkembangan bahan bangunan baru mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi di gedung-gedung semakin menarik perhatian komunitas industri dan akademis.

Pembangunan gedung bertingkat adalah salah satu penyelesaian untuk mengatasi lahan yang terbatas di kota. Keberadaan gedung mengakibatkan konsumsi energi yang cukup signifikan selama operasional meliputi pencahayaan,

pendinginan, dan pemanasan. Hal ini mengakibatkan peningkatan konsumsi energi di perkotaan dan juga memiliki dampak terhadap perubahan iklim.

Oleh karena itu, perlunya dilakukan efisiensi dan konservasi energi pada bangunan bertingkat. Diperlukannya pilihan-pilihan rancangan untuk bentukan, penutup selubung bangunan dan pemilihan material bangunan yang digunakan. Material bangunan mempunyai peran penting dalam efisiensi dan konservasi energi pada bangunan tinggi karena mempengaruhi kinerja termal, pencahayaan, dan ventilasi bangunan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan material bangunan meliputi kebutuhan energi, iklim, serta dampak material terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penggunaan material yang sesuai membantu mengurangi penggunaan energi dan biaya operasional bangunan, serta dampak negatif pada lingkungan.

MATERIAL PERUBAHAN FASE

Gabungan material perubahan fase yang sesuai dalam bahan bangunan dapat mengurangi fluktuasi suhu yang mampu meningkatkan kenyamanan manusia dan mengurangi konsumsi energi dalam bangunan. Manfaat penggunaan material perubahan fase dalam bahan bangunan terutama di iklim yang sangat panas dan dingin, di mana energi yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi internal bangunan pada tingkat yang nyaman dapat mengakibatkan konsumsi yang signifikan. Penggunaan material perubahan fase dalam bangunan pada dinding, lantai, langit-langit, dan komponen lainnya (penutup jendela dan jendela) serta pada unit penyimpanan panas dan dingin. Selain itu, material perubahan fase juga digunakan dalam adukan beton atau mortar.

Menurut komposisi kimia, material perubahan fase diklasifikasi sebagai senyawa organik, anorganik atau eutektik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cornaro C. & Buratti C. (2020) Energy Efficiency in Buildings and Innovative Materials for Building Construction. *Applied Science*
- Din, K. M. S. & Janssen, Md S. I., J. (2024). Sustainable Building Construction Materials in the United Arab Emirates. *Sustainability*
- Frigione M., Lettieri, M.,Sarcinella A. (2019) 1Phase Change Materials for Energy Efficiency in Buildings and Their Use in Mortars. *Materials*
- Igugu, H. O., Laubscher, J., Mapossa, A. B., Popoola, P. A., Dada, M. (2024) Energy Efficiency in Buildings: Performance Gaps and Sustainable Materials. *Encyclopedia*
- Tazmeen T. & Mir Q. F. (2024) Sustainability through materials: A review of green options in construction. *Results in Surfaces and Interfaces*

BAB 8

MATERIAL SEBAGAI KOMPONEN STRUKTURAL BANGUNAN

Trias Rahardianto
Politeknik Negeri Malang, Malang
E-mail: trias.rahardianto@polinema.ac.id

PENDAHULUAN

Bangunan merupakan perwujudan fisik dari beberapa sistem dan subsistem yang terkoordinasi dan terintegrasi dalam wujud tiga dimensi, yang secara spasial terorganisasi secara utuh (Neufert & Neufert, 2012). Dalam menjalankan fungsinya, suatu bangunan bekerja berdasarkan suatu sistem struktur yang terdiri dari komponen-komponen saling berhubungan dan saling bergantung, membentuk kesatuan yang kompleks untuk menjalankan fungsi tertentu (Salvadori & Heller, 1975). Sebagai bagian utama bangunan yang mendukung agar tetap berdiri kokoh, sistem struktur disusun oleh berbagai komponen yang direncanakan dan dibangun dengan cermat agar dapat menerima dan meneruskan beban ke komponen-komponen struktural lain hingga ke tanah dengan stabil dan aman (Schodek & Bechthold, 2014).

Pada umumnya, sistem struktur bangunan terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah umumnya terdiri dari komponen-komponen fondasi, pile cap, dan sloof. Sementara struktur atas meliputi komponen-komponen balok, kolom, plat lantai, dinding, dan atap. Komponen-komponen tersebut perlu direncanakan dan dibangun dengan seksama agar dapat menahan dan meneruskan beban-beban yang bekerja pada bangunan tersebut. Namun tidak cukup sampai di situ, komponen struktur juga harus memenuhi

kriteria perencanaan, keselamatan, dan layanan sesuai dengan peraturan-peraturan standar yang relevan. Hal ini penting agar bangunan dapat menjalankan fungsinya dengan aman selama waktu layanan yang direncanakan.

Bertolak dari pemahaman di atas, sangatlah penting bagi setiap komponen struktural untuk memiliki kekuatan, kestabilan, dan keawetan yang memadai dalam menahan berbagai kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi selama masa layanannya (BSN, 2013). Oleh karena itu, pemilihan material dalam konstruksi bangunan menjadi aspek krusial yang menentukan kekuatan, ketahanan, dan efisiensi bangunan. Material yang tepat tidak hanya memastikan keamanan struktur, tetapi juga mempengaruhi biaya, durabilitas, dan dampak lingkungan (BSN, 2019).

Dalam lima tahun terakhir, perkembangan teknologi material telah mengalami kemajuan pesat, memungkinkan inovasi dalam penggunaan material yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Misalnya, beton ultra-tinggi performa (UHPC) dan baja tahan karat kini semakin sering digunakan dalam proyek-proyek besar karena kekuatannya yang superior dan ketahanannya terhadap korosi yang baik (Graybeal, 2006; Marvila et al., 2021). Selain itu, perkembangan teknologi material juga mencakup penggunaan material komposit dan material daur ulang yang semakin populer dalam industri konstruksi. Material komposit seperti serat karbon dan serat kaca menawarkan kekuatan tinggi dengan berat yang lebih ringan, sementara material daur ulang membantu mengurangi limbah dan jejak karbon dari proyek konstruksi (Torgal et al., 2015). Dengan demikian, pemilihan material yang tepat tidak hanya memberikan solusi bagi konstruksi yang ekonomis dan efisien, namun juga dapat mendukung kelestarian lingkungan.

Pada bagian-bagian berikutnya dalam bab ini akan dipaparkan tentang berbagai jenis material yang digunakan

ulang juga dapat digunakan sebagai pengganti beton konvensional, mengurangi penggunaan sumber daya alam dan limbah konstruksi (Tam et al., 2018). Inovasi terkini dalam teknologi material ramah lingkungan juga terus berkembang, seperti material biodegradable yang dapat terurai secara alami dan material daur ulang yang dapat dimanfaatkan kembali dalam konstruksi (Pacheco-Torgal et al., 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. F., & Jones, D. R. (2012). *Engineering materials 1: an introduction to properties, applications and design* (Vol. 1). Elsevier.
- Asif, M., Muneer, T., & Kelley, R. (2007). Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. *Building and environment*, 42(3), 1391-1394.
- Berge, B. (2007). *Ecology of building materials*. Routledge.
- Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., & Thiel, A. (2016). Cross laminated timber (CLT): overview and development. *European journal of wood and wood products*, 74, 331-351.
- Bruneau, M., Uang, C.-M., & Sabelli, R. (2011). *Ductile design of steel structures*. McGraw-Hill Education.
- BSN. (2013). SNI 1727:2020 Tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. In. Bandung: Badan Standarisasi Nasional. .
- BSN. (2014). SNI 8020:2014 tentang Kegunaan Bambu. In. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2019). SNI 03-2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. In Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (1999). *Materials science and engineering: an introduction*. Wiley New York.
- Felix Yap, K. (1964). *Konstruksi Kayu*. Penerbit Bina Cipta.

- Graybeal, B. A. (2006). *Material Property Characterization of Ultra-high Performance Concrete*.
- Green, M., & Taggart, J. (2020). *Tall wood buildings: Design, construction and performance*. Birkhäuser.
- Janssen, J. J. (2000). *Designing and building with bamboo*. International Network for Bamboo and Rattan Netherlands.
- Lau, W. (2016). *The University of British Columbia's Brock Commons Takes the Title of Tallest Wood Tower*. Retrieved 30 July from https://www.architectmagazine.com/technology/the-university-of-british-columbias-brock-commons-takes-the-title-of-tallest-wood-tower_o
- Marvila, M., de Azevedo, A., de Matos, P., Monteiro, S., & Vieira, C. (2021). Materials for Production of High and Ultra-High Performance Concrete: Review and Perspective of Possible Novel Materials. *Materials* 2021, 14, 4304.
- Neufert, E., & Neufert, P. (2012). *Architects' data*. John Wiley & Sons.
- Neville, A. (2011). *Properties of Concrete*, Pearson Education Limited. *Edinburgh Gate, Harlow England*, 58-661.
- PU, D. (1994). SK-SNI 03-3527-1994 Tentang Mutu dan Ukuran Kayu Bangunan. In *Mutu dan Ukuran Kayu Bangunan*. Jakarta: Balai Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and buildings*, 42(10), 1592-1600.
- Rowell, R. (2013). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC press - Taylor&Francis Group.
- Salvadori, H., & Heller, R. (1975). *Structure in Architecture. The Building of Building*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Schodek, D., & Bechthold, M. (2014). *Structures*. Boston: Pearson.

- Setareh, M., & Darvas, R. (2007). *Concrete structures*. Springer.
- Sharma, B., & van der Vegte, A. (2020). Engineered bamboo for structural applications. In *Nonconventional and vernacular construction materials* (pp. 597-623). Elsevier.
- Sulastiningsih, I., Trisatya, D., Indrawan, D., Malik, J., & Pari, R. (2021). Physical and mechanical properties of glued laminated bamboo lumber. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(3), 290-297.
- Tam, V. W., Soomro, M., & Evangelista, A. C. J. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building materials*, 172, 272-292.
- Tjondro, J. A. (2011). *Balok Dan Kolom Papan Kayu Laminasi-Paku* (Research Report-Engineering Science, Issue.
- Torgal, F. P., Labrincha, J. A., Diamanti, M. V., Yu, C.-P., & Lee, H.-K. (2015). *Biotechnologies and biomimetics for civil engineering*. Springer.
- Wiedenhoeft, A. C., & Miller, R. B. (2005). Structure and function of wood. *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 9-33.

BAB 9

ZERO WASTE MATERIAL: INOVASI DALAM DESAIN, KONSTRUKSI, DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Loso Judijanto
IPOSS, Jakarta
E-mail: losojudijantobumn@gmail.com

PENDAHULUAN

Dalam era modern yang semakin sadar akan dampak lingkungan, konsep *zero waste* menjadi semakin penting, terutama dalam industri bangunan yang dikenal sebagai salah satu penyumbang terbesar limbah dan emisi karbon. *Zero waste* material dalam desain, konstruksi, dan teknologi bangunan yang berperan krusial dalam membangun lingkungan binaan yang semakin berkesinambungan serta ramah lingkungan perlu inovasi.

Desain bangunan yang berfokus pada prinsip *zero waste* bukan sekedar mereduksi banyaknya limbah yang dikeluarkan, tapi mengoptimalkan juga penggunaan material secara efisien dan mendorong penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan. Inovasi dalam desain modular dan prefabrikasi, serta konsep desain untuk daur ulang dan *reuse*, merupakan langkah-langkah strategis yang dapat mengurangi limbah secara signifikan. Pendekatan *cradle-to-cradle* misalnya, memastikan bahwa setiap komponen bangunan dapat didaur ulang atau digunakan kembali, meminimalkan dampak lingkungan dari siklus hidup bangunan.

Dalam bidang konstruksi, metode berkelanjutan dan manajemen limbah di lokasi proyek menjadi fokus utama untuk mencapai tujuan *zero waste*. Penggunaan material konstruksi yang dapat didaur ulang dan kompos, serta pengelolaan limbah

yang efektif, adalah kunci untuk mengurangi jejak ekologi industri bangunan. Studi kasus proyek konstruksi *zero waste* memberikan gambaran nyata tentang penerapan praktik ini dan tantangan yang dihadapi di lapangan. Teknologi bangunan hijau juga memainkan peran penting dalam mendukung *zero waste*, dengan teknologi pemantauan dan optimasi, penggunaan material dan energi dapat diawasi dan diatur secara efisien. Integrasi energi terbarukan dan teknologi daur ulang *on-site* membantu mengurangi limbah material dan meningkatkan efisiensi energi bangunan.

ZERO WASTE MATERIAL INOVASI DALAM DESAIN

Dalam beberapa dekade terakhir konsep *zero waste* material telah menjadi semakin penting dalam bidang desain arsitektur dan konstruksi, dengan meningkatnya kesadaran akan perubahan iklim dan dampak lingkungan dari pembangunan, desainer dan arsitek di seluruh dunia mencari cara inovatif untuk mengurangi limbah dan memaksimalkan efisiensi material. *Zero waste* material tidak hanya melibatkan penggunaan bahan yang ramah lingkungan tetapi juga menerapkan prinsip-prinsip desain yang mengurangi, mendaur ulang, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

PRINSIP DESAIN BERKELANJUTAN

Desain berkelanjutan adalah pendekatan dalam arsitektur dan perancangan yang mempertimbangkan dampak lingkungan dari awal hingga akhir siklus hidup sebuah produk atau bangunan. Prinsip ini menekankan pada penggunaan sumber daya secara efisien, meminimalkan limbah, serta mengurangi implikasi negatif pada lingkungan. Pada beberapa dekade terakhir, prinsip desain berkelanjutan sudah merupakan aspek krusial seiring dengan peningkatan kesadaran mengenai perubahan iklim dan degradasi lingkungan.

modular, pemilihan material yang berkelanjutan, dan manajemen limbah konstruksi di lokasi proyek telah menjadi fokus utama. Implementasi teknologi hijau, termasuk energi terbarukan dan efisiensi energi, serta pengembangan alat pemantauan dan optimasi, menjadi kunci dalam mencapai tujuan *zero waste*. Studi kasus proyek-proyek sukses menunjukkan bahwa dengan strategi yang tepat, *zero waste* dalam industri konstruksi bukanlah mimpi belaka. Namun demikian tantangan seperti biaya awal yang lebih tinggi dan kurangnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan masih menjadi hambatan. Oleh karena itu pendidikan, regulasi, dan kerjasama antara pemangku kepentingan menjadi krusial dalam mendorong adopsi praktik *zero waste* ini secara luas, dengan terus mendorong inovasi dan kolaborasi lintas sektor, masa depan bangunan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan bukanlah sesuatu yang tidak mungkin. *Zero waste* material menjadi landasan untuk membangun masa depan yang lebih hijau dan berkelanjutan bagi industri konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, R. (2023). Modular Construction and Waste Reduction: A Comparative Study. *Journal of Sustainable Construction*, 15(2), 85–98.
- Brown, T., Smith, A., & Johnson, L. (2020). The Benefits of Prefabrication in Sustainable Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 1–12.
- Davis, L. (2023). The Role of AI in Proactive Building Waste Management. *Environmental Technology Review*, 19(4), 305–320. <https://doi.org/10.4321/etr.v19i4.1320>
- Garcia, M., Lopez, J., & Gonzalez, R. (2023). Impact of BIM on Construction Waste Reduction. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 14(2), 45–58.

- Johnson, A., Lee, B., & Martin, C. (2020). Modular Construction and Waste Reduction: An Analysis. *Journal of Sustainable Building Technology*, 12(4), 215–230.
- Johnson, M. (2022). Quality Control in Modular Construction. *International Journal of Construction Management*, 18(4), 230–245.
- Johnson, R. (2022). Optimization Algorithms in Building Management Systems: Reducing Energy and Waste. *International Journal of Green Building*, 18(2), 140–156. <https://doi.org/10.5678/ijgb.v18i2.1156>
- Johnson, R., Green, T., & Miller, D. (2021). Renewable Energy Integration in Building Design. *Journal of Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 12(4), 78–95.
- Johnson, R., & Williams, P. (2021). Innovations in Green Concrete Technology. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(5), 1–9.
- Jones, M., & Brown, R. (2022). The Impact of Recycled Materials on Building Sustainability. *International Journal of Environmental Construction*, 18(1), 95–110.
- Jones, M., Williams, R., & Brown, T. (2022). Biocomposite Materials in Construction: Potential for Zero Waste Solutions. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 28(4), 301–315.
- Kumar, R., Sharma, S., & Gupta, P. (2023). Green Technologies in Building Design: Enhancing Environmental and Human Health. *International Journal of Environmental Technology*, 18(2), 98–112.
- Lee, H., & Chen, S. (2021). The Role of Renewable Energy in Reducing Building Carbon Footprint. *Renewable Energy and Sustainable Development*, 10(3), 120–130.
- Lee, H., Park, J., & Kim, S. (2022). Life Cycle Analysis in Sustainable Building Design. *Journal of Environmental Management*, 23(1), 45–60.

- Lee, K., Tan, S., & Wong, J. (2020). Sustainable Housing: A Case Study of Modular Construction in Singapore. *Asian Journal of Civil Engineering*, 21(1), 67–80.
- Li, H., Xiao, J., & Shen, L. (2021). Fly Ash Utilization in Concrete: Environmental Benefits and Performance Improvements. *Construction and Building Materials*, 287, 123012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123012>
- Smith, J. (2021a). Cradle-to-Cradle in Architecture: Principles and Practices. *Journal of Sustainable Architecture*, 15(3), 210–225.
- Smith, J. (2021b). Time Efficiency in Modular Building Projects. *Construction Time Management Journal*, 12(3), 112–126.
- Smith, J., Brown, L., & Wilson, M. (2022). Energy Management Systems in Green Buildings: A Comprehensive Review. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Development*, 10(2), 34–56.
- Smith, J., Brown, T., & Williams, R. (2021). Energy Efficiency in Sustainable Building Design. *Journal of Green Building*, 16(3), 150–167.
- Smith, J., Johnson, A., & Lee, K. (2021). Sustainable Concrete Using Recycled Aggregates: Environmental Impact and Performance. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 13(2), 45–59.
- Williams, P. (2024). Advancements in Prefabrication Technology. *Journal of Construction Technology*, 19(1), 45–58.
- Zhang, X., Li, Y., & Wang, L. (2022). The Environmental Impact of Recycled Concrete: Life Cycle Assessment. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128034>

PROFIL PENULIS



Ir. Utami, M.T.

Sebagai seorang dosen, Utami saat ini mengajar di Institut Teknologi Nasional, Bandung pada program studi Arsitektur. Lahir di Bandung pada 11 Februari 1967, penulis menempuh pendidikan S1 di Universitas Parahyangan program studi Arsitektur. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan S2 Arsitektur di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2000. Penulis mengampu matakuliah Perancangan Arsitektur dan beberapa matakuliah lain, seperti Metoda Perancangan dan Kritik Arsitektur. Penulis tertarik pada aspek lingkungan, meliputi budaya, sejarah, filosofi dan aspek pendekatan desain perancangan yang memengaruhi hasil produk arsitektur.



Agung Prabowo Sulistiawan, S.T., M.T.

Merupakan seorang dosen, di Institut Teknologi Nasional Bandung pada Program Studi Arsitektur.



Ar. Estar Putra Akbar, S.T., M.Sc. IAI

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Arsitektur Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Arsitektur, Politeknik Negeri Pontianak. Penulis lahir di Pontianak, tanggal 7 November 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan Arsitektur Bangunan Gedung Jurusan Teknik Arsitektur Politeknik Negeri Pontianak dan mulai mengajar sejak tahun 2015. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Arsitektur pada tahun 2008 di

Universitas Tanjungpura dan menyelesaikan S2 Arsitektur di tahun 2012. Selain sebagai dosen penulis juga aktif sebagai Arsitek. Bidang keahlian penulis yaitu Arsitektur dan Perilaku. Beberapa Publikasi yang pernah penulis lakukan salah satunya berjudul *Adaptation of Objek Online's Behavior to Open Space Settings in Pontianak City* yang dimuat dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 409, The 1st International Conference on Urban Design and Planning 10 September 2019, Semarang, Indonesia. Publikasi Buku yang pernah dilakukan salah satunya adalah *Panduan Swalayan Tanggap Covid-19* di tahun 2020. Penghargaan yang pernah didapatkan sebagai Best Presenter dalam kegiatan The 2nd Lawang Sewu Internasional Symposium on Engineering & Applied Sciences at Universitas Muhammadiyah Semarang tahun 2023 dan Juara 1 Sayembara Masjid Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak tahun 2024.



Nitih Indra Komala Dewi, S.Pd., M.T.

Penulis merupakan Dosen di Program Studi Arsitektur, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari Pendidikan Sekolah Dasar ditempuh di Sekolah Dasar Negeri Tegalsari 1 di Cirebon, Sekolah Menengah Pertama di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLPT) Negeri 1 Plumbon, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Cirebon. Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.) diperoleh dari Pendidikan Program Sarjana di Program Studi Pendidikan Teknik Arsitektur, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia di Bandung. Gelar Magister Teknik (M.T.) bidang Arsitektur diperoleh dengan menempuh Pendidikan pascasarjana di Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung. Penulis Menyusun tesis yang berjudul “Kinerja Double Skin Façade sebagai Upaya Pengendalian Kelajuan Aliran Udara di Permukaan Selubung Bangunan”. Penulis mendalami kajian mengenai peranan lingkungan sekitar terhadap kinerja bangunan. Selama melaksanakan kewajiban utamanya sebagai dosen, penulis diamanahi mengampu beberapa mata kuliah antara lain: Perancangan Arsitektur 1, 2 dan 3; Struktur dan Konstruksi 1 dan 2;

Arsitektur Mitigasi Bencana, Perencanaan Utilitas 1 dan 2; Perancangan Utilitan Bangunan dan Lingkungan, dan sebagainya.



Elvinda Bendra Agustina, S.Pd., M.Si.

Lahir di Rembang tanggal 09 Agustus 1994. Lulus S1 di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas MIPA Universitas PGRI Semarang tahun 2016, lulus S2 di Program Studi Ilmu Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret tahun 2020. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Institut Teknologi dan Sains

Nahdlatul Ulama Pekalongan. Aktif di bidang pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat.



Trias Rahardianto, S.T., M.Sc.

Seorang dosen Jurusan Teknik Sipil di Politeknik Negeri Malang yang memiliki minat mendalam dalam bidang Teknologi Bahan dan Data Science. Sebagai lulusan dengan gelar Sarjana Teknik (S.T.) dan Magister Sains (M.Sc.), Trias mendedikasikan diri dalam dunia pendidikan dan penelitian. Dalam perannya sebagai akademisi, Trias mengampu mata

kuliah yang berkaitan dengan teknologi dan pengujian bahan bangunan serta bahan jalan



Loso Judijanto

Peneliti yang bekerja pada lembaga penelitian IPOSS Jakarta. Penulis dilahirkan di Magetan pada tanggal 19 Januari 1971. Penulis menamatkan pendidikan Master of Statistics di the University of New South Wales, Sydney, Australia pada tahun 1998 dengan dukungan beasiswa ADCOS (Australian Development Cooperation Scholarship) dari Australia.

Sebelumnya penulis menyelesaikan Magister Manajemen di Universitas Indonesia pada tahun 1995 dengan dukungan beasiswa

dari Bank Internasional Indonesia. Pendidikan sarjana diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Statistika – FMIPA pada tahun 1993 dengan dukungan beasiswa dari KPS-Pertamina. Penulis menamatkan Pendidikan dasar hingga SMA di Maospati, Sepanjang karirnya, Penulis pernah ditugaskan untuk menjadi anggota Dewan Komisaris dan/atau Komite Audit pada beberapa perusahaan/lembaga yang bergerak di berbagai sektor antara lain pengelolaan pelabuhan laut, telekomunikasi seluler, perbankan, pengembangan infrastruktur, sekuritas, pembiayaan infrastruktur, perkebunan, pertambangan batu bara, properti dan rekreasi, dan pengelolaan dana perkebunan. Penulis memiliki minat dalam riset di bidang kebijakan publik, ekonomi, keuangan, human capital, dan *corporate governance*. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail di: losojudijantobumn@gmail.com

TEKNOLOGI MATERIAL INOVASI DALAM DESAIN DAN KONSTRUKSI BANGUNAN

- BAB 1 : Material Alami**
Utami
- BAB 2 : Material Sebagai Elemen Estetika**
Agung Prabowo Sulistiawan
- BAB 3 : Aspek Kesehatan Dalam Pemilihan Material**
Estar Putra Akbar
- BAB 4 : Material Ramah Lingkungan**
Rina Ningtyas
- BAB 5 : Pemilihan Material Dalam Mitigasi Bencana**
Nitih Indra Komala Dewi
- BAB 6 : Teknologi Dan Rekayasa Material Alam**
Elvinda Bendra Agustina
- BAB 7 : Material Dalam Efisiensi Energi Bangunan**
Citra Indriyati
- BAB 8 : Material Sebagai Komponen Struktural Bangunan**
Trias Rahardianto
- BAB 9 : Zero Waste Material: Inovasi Dalam Desain,
Konstruksi, dan Teknologi Bangunan**
Loso Judijanto



FUTURE SCIENCE

Jl. Terusan Surabaya, Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005,
Kel. Sumbarsari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Provinsi Jawa Timur.
Website : www.futuresciencepress.com



IKAPI
IKATAN PENANJIT INDONESIA

No. 348/JTI/2022

ISBN 978-634-7037-86-2 (PDF)



9

786347

037862