

**Analisis Komparatif *Global Warming Potential* (GWP) pada
Material Bata Merah Konvensional dan Material Bata Ringan
(*Autoclave Aerated Concrete*) Berbasis *Cradle-to-Gate***



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
FIRDAUSIN NUZULIA
NIM. 09010722004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Firdausin Nuzulia
NIM : 09010722004
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Sains dan Teknologi
Universitas : UIN Sunan Ampel dan Surabaya

Menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**Analisis Komparatif *Global Warming Potential* (GWP) pada Material Bata Merah Konvensional dan Material Bata Ringan (*Autoclave Aerated Concrete*) Berbasis *Cradle-to-Gate***” adalah benar-benar hasil karya sendiri yang ditulis secara sah sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan, serta bukan hasil dari pikiran atau pengambilan tulisan orang lain. Apabila di kemudian hari ditemukan bukti serta terbukti bahwa tugas akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguhnya tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Surabaya, 18 Juni 2026

Yang menyatakan,



Firdausin Nuzulia

NIM. 09010722004

PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini untuk menyetujui:

Nama : Firdausin Nuzulia
NIM : 09010722004
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Komparatif *Global Warming Potential* (GWP)
pada Material Bata Merah Konvensional dan Material
Bata Ringan (*Autoclave Aerated Concrete*) Berbasis
Cradle-to-Gate

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 4 Juni 2026

Dosen Pembimbing I



Rizqi Abdi Perdanawati, S.T., M.T.

NIP. 198809262014032002

Dosen Pembimbing II



Arqowi Pribadi, S.T., M.Eng.

NIP. 198701032014031001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul "**Analisis Komparatif *Global Warming Potentlal* (GWP) pada Material Bata Merah Konvensional dan Material Bata Ringan (*Autoclave Aerated Concrete*) Berbasis *Cradle-to-Gate***" oleh

FIRDAUSIN NUZULIA

09010722004

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir

Surabaya, 19 Juni 2026

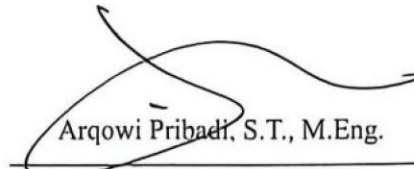
Penguji I



Rizqi Abdi Perdanawati, S.T., M.T.

NIP. 198809262014032002

Penguji II



Arqowi Prihadi, S.T., M.Eng.

NIP. 198701032014031001

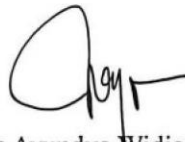
Penguji III



Yusrianti, M.T.

NIP. 198210222014032001

Penguji IV



Mega Ayundya Widiastuti, M.Eng

NIP. 198703102014032007

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Hamdani, M.Pd

NIP. 196507312000031002

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Firdausin Nuzulia

NIM : 09010722004

Fakultas/Jurusan : Fakultas Sains dan Teknologi/Teknik Sipil

E-mail address : firdausinnzlia@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Komparatif *Global Warming Potential* (GWP) pada Material Bata Merah Konvensional dan Material Bata Ringan (*Autoclave Aerated Concrete*) Berbasis *Cradle-to-Gate*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Juni 2026

Penulis



Firdausin Nuzulia

ABSTRAK

Perubahan iklim menempatkan konstruksi sebagai penyumbang 33% emisi karbon global, dengan Indonesia di peringkat kesembilan tertinggi. Kondisi ini menegaskan urgensi penelitian material bangunan yang ramah lingkungan.

Penelitian ini menganalisis dan membandingkan *Global Warming Potential* (GWP), biaya, serta durasi produksi bata merah konvensional dan bata ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC). Analisis dilakukan dengan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) ISO 14040/14044 dalam sistem *cradle-to-gate* dengan unit fungsional 1 m³ dinding. Data inventori sekunder dikonversi ke GWP berdasarkan faktor emisi IPCC AR6 horizon 100 tahun, dilengkapi analisis biaya dan waktu produksi.

Hasil penelitian menunjukkan bata merah menghasilkan 414,702 kg CO₂-eq/m³ dengan biaya Rp1.878.775,40/m³ dan durasi 57 jam. AAC menghasilkan emisi lebih rendah 373,798 kg CO₂-eq/m³, namun dengan biaya lebih tinggi Rp4.332.169,65/m³ dan durasi jauh lebih singkat 19 jam. Terdapat reduksi emisi 40,904 kg CO₂-eq/m³ (9,863%) pada AAC. Beban emisi AAC terutama berasal dari semen Portland dan energi autoklaf, sedangkan bata merah dari ekstraksi tanah liat dan pembakaran tradisional.

Kesimpulan menegaskan adanya *trade-off*: AAC unggul ekologis dan efisiensi waktu, tetapi lebih mahal. Rekomendasi penggunaan AAC ditujukan untuk proyek percepatan konstruksi dan green building, dengan dukungan insentif menekan biaya material rendah karbon serta substitusi semen dengan pozzolan. Hal ini mendukung target *Net Zero Emission* 2050 dan regulasi Bangunan Gedung Hijau (Permen PUPR No. 21/2021).

Kata Kunci: *Life Cycle Analysis, Global Warming Potential, Bata Merah, AAC, Konstruksi Berkelanjutan, Cradle-to-Gate*

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Batasan Penelitian.....	7
BAB II	9
KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1. Konsep Pembangunan Berkelanjutan dan Isu Lingkungan Global 9	
2.1.1. Pembangunan Berkelanjutan dalam Perspektif Kontruksi.....	9
2.1.2. Perubahan Iklim dan Potensi Pemanasan Global (Global Warming Potential (GWP)).....	15
2.2. Metodologi Penilaian Dampak Lingkungan.....	20
2.2.1. Pengertian dan Prinsip Dasar Life Cycle Assessment (LCA).....	20
2.2.2. Batasan Sistem <i>Cradle-to-Gate</i>	23
2.3. Karakteristik dan Proses Produksi Material Dinding.....	26
2.3.1. Bata Merah Konvensional.....	26

2.3.2.	Bata Ringan (<i>Autoclaved Aerated Concrete (AAC)</i>).....	29
2.4.	Penelitian Terdahulu	30
2.4.1.	Penelitian <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> Bata Merah Konvensional 30	
2.4.2.	Penelitian <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> Bata Ringan (<i>Autoclaved Aerated Concrete (AAC)</i>)	34
2.4.3.	Studi Komparatif <i>Global Warming Potential (GWP)</i> Bata Merah dan Bata Ringan atau (<i>Autoclaved Aerated Concrete (AAC)</i>)	37
BAB III		40
METODE PENELITIAN		40
3.1.	Rancangan Penelitian	40
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	42
3.2.1.	Tempat Penelitian.....	42
3.2.2.	Waktu Penelitian	43
3.2.3.	Alasan Pemilihan Tempat dan Waktu	43
3.3.	Data yang Dibutuhkan	44
3.4.	Analisis Data	46
3.4.1.	Rumus dan Metode Perhitungan.....	46
3.4.2.	Langkah-Langkah Perhitungan dan Analisis	48
3.4.3.	Output Analisis.....	50
BAB IV		51
HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Profil Inventori Siklus Hidup (<i>Life Cycle Inventory</i>)	51
4.1.1.	Inventarisasi Material dan Energi Bata Merah Konvensional	51
4.1.2.	Inventori Material dan Energi Bata Ringan (AAC)	57
4.2.	Perhitungan Kuantitatif <i>Global Warming Potential (GWP)</i>	62
4.2.1.	Penentuan Jejak Karbon Bata Merah	62
4.2.2.	Penentuan Jejak Karbon Bata Ringan (AAC).....	66
4.3.	Perhitungan Biaya	71
4.3.1.	Biaya Produksi Bata Merah Konvensional 1m ³	71
4.3.2.	Biaya Produksi Bata Ringan 1m ³	75

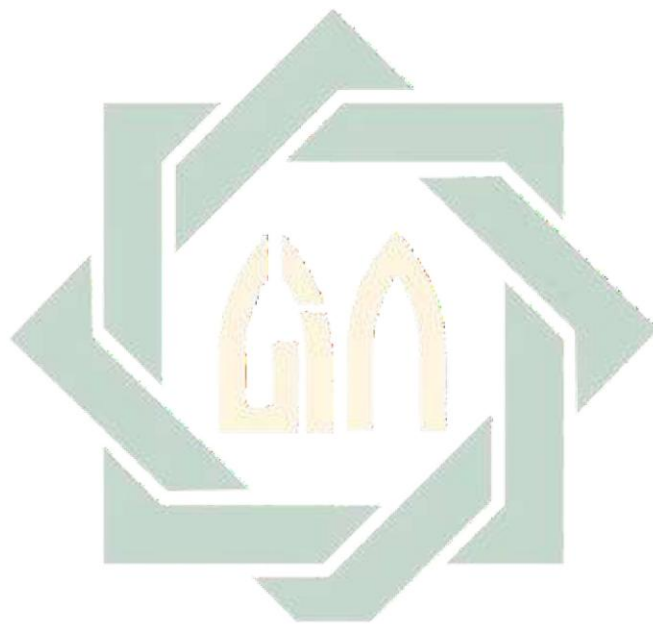
4.4. Kebutuhan Waktu Siklus Produksi.....	80
4.4.1. Waktu Siklus Produksi Bata Merah Konvensional 1m ³	80
4.4.2. Waktu Siklus Produksi Bata Ringan (AAC) 1m ³	82
4.5. Analisis Komparatif dan Identifikasi Hotspot Emisi.....	85
4.5.1. Perbandingan Nilai Total GWP	85
4.5.2. Identifikasi Tahapan Kritis (<i>Hotspot</i>).....	87
4.5.3. Analisis Komparatif Biaya Produksi.....	87
4.5.4. Analisis Komparatif Durasi Waktu Siklus Produksi	89
4.5.5. Rekapitulasi Kuantitatif <i>Cradle-to-Gate</i>	90
4.6. Interpretasi Hasil dalam Konteks Konstruksi Berkelanjutan di Indonesia	94
4.6.1. Hubungan antara Jejak Karbon (GWP) dan Biaya	94
4.6.2. Efisiensi Waktu sebagai Faktor Penentu dalam Adopsi Material Hijau di Industri Konstruksi.....	95
4.7. Rekomendasi Berdasarkan Hasil Analisis	96
BAB V.....	97
PENUTUP.....	97
5.1. Kesimpulan	97
5.2. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Produksi Bata Merah dan Nilai GWP Terdahulu	31
Tabel 2. 2 Faktor Dominan dalam Proses Produksi Bata Merah yang Berkontribusi Menyumbang Nilai GWP.....	33
Tabel 2. 3 Ringkasan Penelitian Produksi AAC dan Nilai GWP Terdahulu	35
Tabel 2. 4 Faktor Dominan dalam Proses Produksi AAC yang Berkontribusi Terhadap Nilai GWP	36
Tabel 2. 5 Studi Komparatif Internasional Hasil Penelitian Material Bata Merah Konvensional dan Bata Ringan AAC.....	38
Tabel 3. 1 Tabel Timeline Penelitian	43
Tabel 3. 2 Ringkasan Data Penelitian Bata Merah Konvensional (1m ³ dinding) .	44
Tabel 3. 3 Ringkasan Data Penelitian Bata Ringan AAC (1m ³ dinding).....	45
Tabel 4. 1 Ringkasan Data Penelitian Bata Merah Konvensional (1m ³ Dinding) .	52
Tabel 4. 2 Ringkasan Data Penelitian Bata Ringan (1m ³ Dinding).....	58
Tabel 4. 3 Perhitungan Jejak Karbon dan Faktor Emisi Siklus Cradle-to-Gate Bata Merah Konvensional per 1m ³	62
Tabel 4. 4 Kontribusi Emisi CO ₂ -eq dan Persentase Setiap Tahapan Produksi Bata Merah Konvensional 1m ³	65
Tabel 4. 5 Perhitungan Jejak Karbon dan Faktor Emisi Siklus Cradle-to-Gate Bata Ringan (AAC) per 1m ³	67
Tabel 4. 6 Kontribusi Emisi CO ₂ -eq dan Persentase Setiap Tahapan Produksi Bata Ringan 1m ³	70
Tabel 4. 7 Rincian Biaya Produksi Siklus Cradle-to-Gate Bata Merah per 1m ³ ..	71
Tabel 4. 8 Rincian Biaya Produksi Siklus Cradle-to-Gate Bata Ringan (AAC) per 1m ³	76
Tabel 4. 9 Rincian Durasi Waktu Produksi Siklus Cradle-to-Gate Bata Merah Konvensional per 1m ³	80
Tabel 4. 10 Rincian Durasi Waktu Produksi Siklus Cradle-to-Gate Bata Ringan (AAC) per 1m ³	83
Tabel 4. 11 Perbandingan Nilai Total Global Warming Potential (GWP) antara Bata Merah Konvensional dan Bata Ringan AAC per 1m ³	86

Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Total Biaya Produksi antara Bata Merah Konvensional dan Bata Ringan AAC per 1m³ 87

Tabel 4. 13 Perbandingan Durasi Waktu Siklus Cradle-to-Gate antara Bata Merah Konvensional dan Bata Ringan AAC per 1m³ 89



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Countries with the Highest Carbon Footprint</i>	1
Gambar 3. 1 Diagram Alir	42
Gambar 4. 1 Persentase Kontribusi Emisi Setiap Tahapan Produksi Bata Merah Konvensional 1m ³	65
Gambar 4. 2 Persentase Kontribusi Emisi Setiap Tahapan Produksi Bata Ringan 1m ³	70
Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai GWP Material Bata Merah vs Bata Ringan (AAC)	86
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai Total Biaya Material Bata Merah vs Bata Ringan (AAC).....	88
Gambar 4. 5 Perbandingan Proporsi Total Durasi Waktu Material Bata Merah vs Bata Ringan (AAC).....	89

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



DAFTAR PUSTAKA

- S. Kumar and S. Maithel, Introduction to Brick Kilns & Specific Energy Consumption Protocol for Brick Kilns. New Delhi, India: Greentech Knowledge Solutions Pvt. Ltd., 2012.
- Adhikari, N., Li, H., Gopalakrishnan, B., 2025. A Bibliometric and Systematic Review of Carbon Footprint Tracking in Cross-Sector Industries: Emerging Tools and Technologies. Sustainability 17, 4205. <https://doi.org/10.3390/su17094205>
- Adinegoro, K.J., Tjakra, J., Mananoma, T., n.d. Analisis Perbandingan Harga Pekerjaan Dinding Menggunakan Bata Merah Dan Bata Ringan Pada Proyek Pembangunan SD Katolik 10 St. Theresia Manado.
- Andarini, S.Y., 2023. Analisis Efek global warming terhadap perubahan iklim. J. Phi J. Pendidik. Fis. Dan Fis. Terap. 4. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v4i2.15549>
- Apling, A., Blanchet, J.P., Charlson, R.J., Crommelynck, D., Grassl, H., Husson, N., Jenkins, G., Karol, I., King, M.D., Ramanathan, V., Rodhe, H., Shi, G.-Y., Thomas, G., Wang, W.-C., Wigley, T.M.L., Yamanouchi, T., n.d. K.P. SHINE, R.G. DERWENT, D.J. WUEBBLES, J-J. MORCRETTE.

Arab, B., Raouf, M.A., Rahal, A., Mostafa, M., AbouZeid, M.N., 2025. Life cycle assessment for construction materials of an industrial building using web-based software “OneClick LCA.”

Artoni, E., Pamungkas, B.T.T., Hasan, M.H., 2024. DAMPAK KAWASAN INDUSTRI BATA MERAH TERHADAP KONDISI LAHAN DI DESA LEGU KECAMATAN SATAR MESE KABUPATEN MANGGARAI. *J. Geogr.* 20, 27–37. <https://doi.org/10.35508/jgeo.v20i1.13657>

Astriani, N., Elhusna, E., Wahyuni, A.S., 2019. PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH DAN KONDISI ADUKAN TANAH LIAT TERHADAP KUAT TEKAN BATA MERAH. *Inersia J. Tek. Sipil* 9, 33–38. <https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.33-38>

Bahri, S., Kurniati, E., 2025. Strategi Pembangunan Berkelanjutan Perkotaan-Pedesaan: Studi Kasus Provinsi Lampung 03.

Banuchandar, J., Balaji, V., 2025. Experimental Investigation On Autoclaved Aerated Concrete By Adding Aluminium Powder 13.

Barbhuiya, S., Das, B.B., Adak, D., Kapoor, K., Tabish, M., 2025. Low carbon concrete: advancements, challenges and future directions in sustainable construction. *Discov. Concr. Cem.* 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s44416-025-00002-y>

Berglund-Brown, J., n.d. Structural Steel Reuse as a Cost-Effective Carbon Mitigation Strategy.

Bernabé-Custodio, M., Marín-Rodríguez, W., Andrade-Giron, D., Neri-Ayala, A., Ausejo-Sanchez, J., Muñoz-Vilela, A., Ramos-y Yovera, S., Campos-Díaz, A., Díaz-Roncero, E., 2023. Energy efficiency management according to ISO 50001: A case study in the brick industry. *EAI Endorsed Trans. Energy Web* 10. <https://doi.org/10.4108/ew.3560>

Biessikirski, A., Bodziony, P., Dworzak, M., 2024. Energy Consumption and Fume Analysis: A Comparative Analysis of the Blasting Technique and Mechanical Excavation in a Polish Gypsum Open-Pit Mine. *Energies* 17, 5662. <https://doi.org/10.3390/en17225662>

Carvalho, J.G.R.O., Cecchin, D., de Azevedo, A.R.G., do Carmo, D.F., Paes, J.L., Ferraz, P.F.P., Hamacher, L.S., Costa, K.A., Rossi, G., Bambi, G., 2025. Life cycle assessment (LCA) in construction materials – Review 1.06 MB. <https://doi.org/10.15159/AR.25.041>

Gao, S., Liu, X., Lu, C., Zhang, H., Wang, X., Kong, Y., 2024. Quantitative Analysis of Carbon Emissions from Highway Construction Based on Life Cycle Assessment. *Sustainability* 16, 5897. <https://doi.org/10.3390/su16145897>

Gazeau, B., Klemann, L., Zaman, A., Pereira, A.S., 2025. Life Cycle Assessment of the Decarbonisation Opportunities of a Brick Manufacturing Facility in Australia.

Imanto, Y., Hardjomuljadi, S., 2025. Legal and Regulatory Review on the Implementation of Green Construction in Indonesia.

S. A. R. S. Hasibuan, M. K. Zuhanda, and T. Hermanto, "Inovasi Mesin Batu Bata Merah dan Formulasi Material Ramah Lingkungan," *Ihsan: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 2, pp. 321–326, Oct. 2024, doi: 10.30596/ihsan.v6i2.21417.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, 2021.

Jassim, H.S.H., Lu, W., Olofsson, T., 2018. Quantification of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions During Excavator Operations, in: Smith, I.F.C., Domer, B. (Eds.), *Advanced Computing Strategies for Engineering, Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, Cham, pp. 431–453. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91635-4_22

Jefri Kurniawan, Abdul Razak, Nurhasan Syah, Skunda Diliarosta, Aulia Azhar, 2024. Pemanasan Global: Faktor, Dampak dan Upaya Penanggulangan. *INSOLOGI J. Sains Dan Teknol.* 3, 646–655. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i6.4627>

Kaynak, E., Piri, I.S., Das, O., 2025. Revisiting the Basics of Life Cycle Assessment and Lifecycle Thinking. *Sustainability* 17, 7444. <https://doi.org/10.3390/su17167444>

Kulkarni, Prof.A., 2021. Life Cycle Cost Assessment of Autoclaved Aerated Concrete Blocks. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.* 9, 3389–3393. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.35712>

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, *Peraturan Menteri PUPR Nomor 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementerian PUPR, 2016.

Li, C., Pradhan, P., Chen, G., Kropp, J.P., Schellnhuber, H.J., 2025. Carbon footprint of the construction sector is projected to double by 2050 globally. *Commun. Earth Environ.* 6, 831. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02840-x>

Li, J., He, H., Shao, Z., Ma, Y., n.d. Zero-emission construction machinery in China, 2025.

Mercader-Moyano, P., Porras-Pereira, P. (Eds.), 2025. Life Cycle Analysis Based on Nanoparticles Applied to the Construction Industry: A Comprehensive Curriculum. Springer Nature Switzerland, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-79115-4>

Mubila, A.M., Suryani, S.A., 2024. Analisis Hukum Terkait Pemanasan Global dan Perubahan Iklim Yang Berdampak Terhadap Kelangsungan Hidup Manusia (Pembahasan Terhadap Regulasi Internasional dan Indonesia) 2.

Musyafa, A., Iqbal Adie Surya Firdaus, 2023. Perbandingan Estimasi Biaya Pekerjaan Dinding Bata Merah, Bata Ringan, Batako dan M Panel. AJIE 1–4. <https://doi.org/10.20885/ajie.vol7.iss1.art1>

Narkhede, S., Khandare, A.A., 2022. The Comparison Between Clay Bricks And AAC Block 5.

N. Vashisht, “Life Cycle Assessment of Traditional Clay Bricks and Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Blocks: A Comparative Study in Environmental Sustainability,” *International Journal of Architecture and Infrastructure Planning*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.37628/JJAIP.

Ongpeng, J.M., Umali, M.V., 2023. Life-cycle assessment of concrete hollow blocks and autoclaved aerated concrete blocks, in: *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*. CRC Press, London, pp. 3166–3173. <https://doi.org/10.1201/9781003323020-386>

Peng, H., Chen, Y., Shangguan, L., Cheng, R., Li, Y., Yang, C., 2023. Multi-Objective-Based Intelligent Lubrication System Performance Evaluation Technology for Construction Machinery. *Appl. Sci.* 13, 11768. <https://doi.org/10.3390/app132111768>

Praveen, D.J., n.d. Comparative study of clay bricks and AAC blocks. *Int. J. Struct. Des. Eng.*

Raghuraman, S.P., Paynter, D., Ramaswamy, V., Menzel, R., Huang, X., 2023. Greenhouse Gas Forcing and Climate Feedback Signatures Identified in Hyperspectral Infrared Satellite Observations. *Geophys. Res. Lett.* 50, e2023GL103947. <https://doi.org/10.1029/2023GL103947>

Rahman, M.A., Suwarna, I.P., 2022. Penerapan Konsep Green Building Pada Public Property Sebagai Upaya Menghadapi Climate Change. *J. Ilm. Pendidik. Lingkung. Dan Pembang.* 23, 15–19. <https://doi.org/10.21009/plpb.v23i02.27903>

Razzaq, I., Amjad, M., Qamar, A., Asim, M., Ishfaq, K., Razzaq, A., Mawra, K., 2023. Reduction in energy consumption and CO2 emissions by retrofitting an existing building to a net zero energy building for the implementation of SDGs 7

and 13. *Front. Environ. Sci.* 10, 1028793.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1028793>

Reyes-Quijije, M., Rocha-Tamayo, A., García-Troncoso, N., Baykara, H., Cornejo, M.H., 2022. Preparation, Characterization, and Life Cycle Assessment of Aerated Concrete Blocks: A Case Study in Guayaquil City, Ecuador. *Appl. Sci.* 12, 1913. <https://doi.org/10.3390/app12041913>

Seo, S., Kim, T., Chae, C.U., Park, J., 2025. Key Construction Materials for a Streamlined Building Life Cycle Assessment: A Meta-Analysis of 100 G-SEED Projects. *Buildings* 15, 3039. <https://doi.org/10.3390/buildings15173039>

S. N. Aung and S. Panda, “A Comparative Lifecycle Impact Analysis: Assessing Global Warming Potential of Newly Manufactured and Reused Bricks for Building Construction in Sweden,” Master’s thesis, Faculty of Engineering, Lund University, Sweden, 2023.

Shajidha, H., Mortula, M.M., 2025. Sustainable waste management in the construction industry. *Front. Sustain. Cities* 7, 1582239.
<https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1582239>

Soeryodarundio, K., Setiono, S., Daniswara, D.R., 2023. Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Dengan Pendekatan Life Cycle Assessment Pada Tahap Konstruksi Perkerasan Lentur Fly Over Cakung. *Matriks Tek. Sipil* 11, 24.
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i1.65852>

Sutikno, S., Hardjomuljadi, S., 2025. COST MODEL DEVELOPMENT FOR GREEN BUILDING COMPLIANCE WITH INDONESIA’S REGULATION NO.21 OF 202. *Open Access* 32.

Tosun, A., Konak, G., 2015. Development of a model estimating energy consumption values of primary and secondary crushers. *Arab. J. Geosci.* 8, 1133–1144. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1260-3>

Tushar, Q., Bhuiyan, M.A., Abunada, Z., Lemckert, C., Giustozzi, F., 2025. Carbon Footprint and Uncertainties of Geopolymer Concrete Production: A Comprehensive Life Cycle Assessment (LCA). *C* 11, 55.
<https://doi.org/10.3390/c11030055>

United Nations Environment Programme, 2025. Not just another brick in the wall: The solutions exist - Scaling them will build on progress and cut emissions fast. *Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025*. United Nations Environment Programme. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/47214>

Vasić, M.V., Spasojević-Šantić, T., Radojević, Z., 2026. Environmental Product Declaration (EPD) Profiles of Ceramic Tiles, Sanitary Ware, Clay Roofing Tiles

and Clay Bricks: Insights from One Click LCA and the International EPD System. *Earth* 7, 55. <https://doi.org/10.3390/earth7020055>

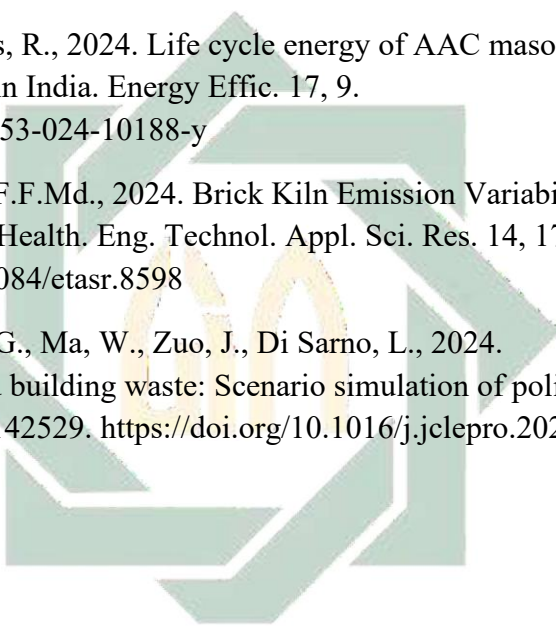
Vosloo, P., 2016. Life cycle assessment of clay brick walling in South Africa: the Clay Brick Association of South Africa Technical Report 7A. University of Pretoria, South Africa.

Xiao, Z., Ma, S., Kou, D., Zhang, Y., Gao, J., 2025. Promoting Carbon Reduction in Universities Through Carbon Footprint Assessments: A Framework and Case Study of a University in Northeast China. *Energies* 18, 3788. <https://doi.org/10.3390/en18143788>

Zade, N.P., Sarkar, P., Davis, R., 2024. Life cycle energy of AAC masonry infilled residential building in India. *Energy Effic.* 17, 9. <https://doi.org/10.1007/s12053-024-10188-y>

Zangana, S.D.A., Yusof, N.F.F.Md., 2024. Brick Kiln Emission Variability and Impact in Environment and Health. *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.* 14, 17350–17356. <https://doi.org/10.48084/etasr.8598>

Zhao, W., Hao, J.L., Gong, G., Ma, W., Zuo, J., Di Sarno, L., 2024. Decarbonizing prefabricated building waste: Scenario simulation of policies in China. *J. Clean. Prod.* 458, 142529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142529>



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A