

Faktor – Faktor Penentu Pembangunan Biogas Plant Di Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat

Rio Dermawan¹, Endang Widjajanti², Johannes Hendra Padangalam³

^{1,2,3}Institut Sains Dan Teknologi Nasional, Jagakarsa - Jakarta Selatan 12640

Program Studi Magister Teknik Sipil, FSTT ISTN, Jakarta

e-mail: *rio.dermawan@sinarmas-agri.com, 2endangwidjajanti@istn.ac.id,
3johannes.hendra@yahoo.co.id

Abstract

This study examines the determining factors for biogas plant development in Ketapang Regency, West Kalimantan Province, by comparing Green Construction and Green Factory. The Analytical Hierarchy Process (AHP) method was used to weigh the criteria of Man, Material, Machine, Method, Money, Environment, and Sustainability. The results show that Green Factory slightly outperforms Green Construction (0.2358 vs. 0.2306) with a difference of 0.0052, leading both to be categorized as "equally good" and worthy of joint prioritization. Green Factory demonstrates superiority in operational sustainability, while Green Construction excels in implementation and work method innovation. From a construction management perspective, an integrative strategy of both can strengthen quality control, cost efficiency, and sustainable project coordination.

Keywords: Biogas Plant, AHP, Green Factory, Green Construction, Construction Management

Abstrak

Penelitian ini mengkaji faktor-faktor penentu pembangunan Biogas Plant di Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat dengan membandingkan Green Construction dan Green Factory. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk memberi bobot pada kriteria Man, Material, Machine, Method, Money, Environment, dan Sustainability. Hasil menunjukkan Green Factory unggul tipis (0,2358) atas Green Construction (0,2306) dengan selisih 0,0052, sehingga keduanya tergolong "sama baiknya" dan layak menjadi prioritas bersama. Green Factory unggul pada keberlanjutan operasional, sedangkan Green Construction pada pelaksanaan dan inovasi metode kerja. Dalam perspektif manajemen konstruksi, strategi integratif keduanya dapat memperkuat pengendalian mutu, efisiensi biaya, dan koordinasi proyek berkelanjutan.

Kata kunci: Biogas Plant, AHP, Green Factory, Green Construction, Manajemen Konstruksi

1. Pendahuluan

Industri konstruksi berperan penting dalam pembangunan nasional, termasuk sektor energi terbarukan seperti biogas. Pemanfaatan Palm Oil Mill Effluent (POME) sebagai bahan baku biogas mampu mengurangi emisi gas rumah kaca dan ketergantungan pada bahan bakar fosil, sekaligus mendukung pengelolaan limbah organik berkelanjutan (World Biogas Association, 2025; Kabeyi & Olanrewaju, 2024). Kabupaten Ketapang memiliki potensi besar untuk pengembangan Biogas Plant berkat industri

kelapa sawit (SMART, 2023). Sejak 2023, telah dibangun unit biogas modular untuk mendukung operasional pabrik dan mengurangi dampak lingkungan. Keberhasilan proyek ini bergantung pada pengelolaan sumber daya manusia, material, teknologi, metode, keuangan, lingkungan, dan keberlanjutan (Heizer et al., 2017; Silvius & Schipper, 2014). Metode Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980) digunakan untuk menentukan prioritas faktor secara objektif, sehingga pembangunan Biogas Plant efisien, ramah lingkungan, dan mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mengidentifikasi faktor-faktor penentu pembangunan Biogas Plant di Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat. Setelah perumusan masalah, instrumen penelitian disusun dalam bentuk kuesioner dan disebarikan kepada 40 responden yang memiliki keterlibatan langsung maupun tidak langsung pada proyek. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP), dengan uji rasio konsistensi (<10%) sebagai acuan validitas. Apabila nilai rasio melebihi batas, instrumen direvisi. Analisis akhir digunakan untuk menghasilkan rekomendasi prioritas faktor pembangunan.

2.1 Lokasi, Waktu, dan Sumber Data

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat, pada proyek Biogas Plant berbasis limbah kelapa sawit. Periode penelitian berlangsung Maret–Agustus 2025, dengan pengumpulan data tiga bulan pertama dan analisis bulan berikutnya. Data primer dikumpulkan melalui kuesioner kepada 40 responden yang menilai dua alternatif—Green Construction dan Green Factory—berdasarkan tujuh kriteria AHP. Data sekunder berasal dari laporan perusahaan, dokumen proyek, dan literatur terkait pembangunan berkelanjutan.

2.2. Pengumpulan Data dan Instrumen

Instrumen penelitian berupa kuesioner

perbandingan berpasangan antar kriteria dan

antar alternatif. Responden membandingkan

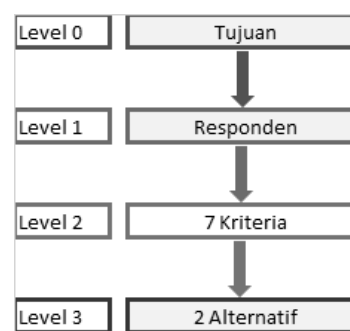
tingkat kepentingan kriteria dengan skala Saaty 1–9, di mana nilai 1 berarti sama penting, 3 sedikit lebih penting, hingga 9 mutlak lebih penting. Pada Green Construction, fokus pada material ramah lingkungan, regulasi, teknologi konstruksi, dan efisiensi energi. Green Factory menekankan efisiensi energi, pengurangan limbah industri, dan keberlanjutan bahan baku.

Tabel 1. Skala Perbandingan Saaty

Nilai	Kepentingan	Nilai Antara
1	Sama	2
3	Sedikit Lebih	4
5	Lebih	6
7	Sangat Lebih	8
9	Mutlak	-

Sumber: Saaty (1980)

Struktur hirarki penelitian ini, seperti tergambar pada Gambar 1, terdiri dari empat level. Level 0 menetapkan tujuan utama, yaitu menentukan faktor penentu pembangunan biogas plant berkelanjutan. Level 1 melibatkan responden sebagai sumber penilaian. Level 2 mencakup tujuh kriteria evaluasi meliputi aspek teknis, ekonomi, lingkungan, sosial, regulasi, sumber daya manusia, dan manajemen. Level 3 berisi dua alternatif strategi yang dibandingkan berdasarkan kriteria tersebut.



Gambar 1. Hirarki AHP Penelitian

2.3. Analisis Data dengan AHP

Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk mengolah data hasil kuesioner melalui perbandingan berpasangan. Tahap pertama adalah normalisasi matriks, yaitu membagi setiap elemen a_{ij} dengan total kolomnya untuk mendapatkan nilai normalisasi

$$N \text{ (pers. 2.1); } N_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n}$$

dengan : a_{ij} = nilai perbandingan kriteria ke - i terhadap j; n = jumlah kriteria; N_{ij} = nilai normalisasi elemen ke i, j.

Selanjutnya dihitung Indeks Konsistensi (CI) untuk mengukur tingkat konsistensi penilaian responden (Pers. 2.2): $CI = \frac{\lambda_{Maks} - n}{n - 1}$

dengan : λ_{maks} = nilai eigen maksimum; n = jumlah kriteria; CI = Consistency Index.

Nilai Rasio Konsistensi (CR) diperoleh dengan membandingkan CI terhadap Random Index (RI) (Pers. 2.3): $CR = \frac{CI}{RI}$

dengan : CR = Consistency Ratio; CI = Consistency Index; RI = Random Index sesuai jumlah kriteria. Penilaian dinyatakan konsisten jika $CR \leq 0,1$.

2.4. Penetapan Hasil dan Rekomendasi

Deviasi antar alternatif digunakan untuk menentukan prioritas. Jika deviasi kecil, kedua alternatif dianggap setara; jika besar, alternatif dengan bobot tertinggi dipilih. Analisis akhir menghasilkan rekomendasi faktor dominan dalam pembangunan Biogas Plant yang efisien dan berkelanjutan di Ketapang. AHP memastikan proses pengambilan keputusan rasional, terukur, dan transparan, karena setiap tahap dapat ditelusuri serta diuji konsistensinya (Saaty, 1980).

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor penentu pembangunan Biogas Plant di Kabupaten Ketapang dengan menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Berdasarkan hasil analisis, terdapat tujuh kriteria utama yang dinilai, yaitu Sumber Daya Manusia, Bahan Baku, Mesin, Metode, Keuangan, Lingkungan, dan Keberlanjutan.

Hasil perhitungan bobot prioritas menunjukkan bahwa Lingkungan (0,3477), Keuangan (0,2504), dan Keberlanjutan (0,1720) menjadi faktor dominan, dengan total kontribusi lebih dari 75% terhadap pengambilan keputusan. Faktor Metode (0,1095) menempati posisi menengah, sedangkan Sumber Daya Manusia, Bahan Baku, dan Mesin memiliki bobot relatif kecil.

Analisis bobot alternatif terhadap kriteria mengungkapkan bahwa Green Factory unggul tipis pada faktor Sumber Daya Manusia, Bahan Baku, Keuangan, dan Keberlanjutan, sedangkan Green Construction lebih baik pada faktor Metode dan Lingkungan. Hanya faktor Metode yang menunjukkan perbedaan signifikan (deviasi 5,86%), sementara perbedaan pada faktor lain berada di bawah 5%, sehingga keduanya dapat dikategorikan setara pada sebagian besar aspek.

Perhitungan Final Score menunjukkan nilai total Green Factory sebesar 0,2358, sedikit lebih tinggi dari Green Construction sebesar 0,2306. Selisih 0,0052 ini menandakan kinerja kedua alternatif hampir seimbang, sehingga keduanya layak ditetapkan sebagai prioritas utama. Pemilihan akhir sebaiknya mempertimbangkan faktor non-teknis seperti kebijakan perusahaan, ketersediaan sumber daya, dan kondisi lingkungan proyek.

Dari perspektif manajemen konstruksi, hasil ini menegaskan perlunya strategi terintegrasi sejak tahap perencanaan hingga operasional, mencakup pengendalian mutu, waktu, biaya, serta koordinasi antar-stakeholder. Pendekatan ini diharapkan dapat menggabungkan keunggulan Green Construction dan Green Factory untuk mencapai pembangunan berkelanjutan yang efektif dan efisien.



Gambar 2 Grafik Radar Bobot Alternatif terhadap Kriteria

Tabel 2 Final Score Alternatif

Kriteria	Bobot Prioritas	
	ALT-1	ALT-2
Man	0,0353	0,0388
Material	0,0591	0,0600
Machine	0,0259	0,0256
Methode	0,1095	0,0974
Money	0,2504	0,2601
Enviroment	0,1720	0,1624
Sustainability	0,3477	0,3557
Nilai Matriks	0,2306	0,2358
Bobot (%)	49,44	50,56
Deviasi	0,0052 / 1,11 %	
Kategori	<5%; Sama Baiknya	

4. Kesimpulan

Hasil analisis AHP pada penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pembangunan Biogas Plant di Kabupaten Ketapang, faktor Lingkungan, Keuangan, dan Keberlanjutan merupakan tiga kriteria dominan dengan bobot kumulatif lebih dari 75% pada kedua alternatif konsep, yaitu Green Construction dan Green Factory. Pada Green Construction, faktor Lingkungan (0,3477) menjadi yang paling berpengaruh, diikuti Keuangan (0,2504) dan Keberlanjutan (0,1720). Keunggulan signifikan Green Construction terdapat pada faktor Metode, dengan deviasi 5,86% dibandingkan Green Factory, yang mencerminkan penerapan prosedur kerja dan teknologi konstruksi yang lebih efektif. Sementara itu, Green Factory menunjukkan bobot lebih tinggi pada Keuangan (0,2601) dan Keberlanjutan (0,3557), serta unggul pada aspek Sumber Daya Manusia, menandakan fokus pada efisiensi biaya, optimalisasi tenaga kerja, dan investasi teknologi hijau yang berkelanjutan.

Perbandingan Final Score Alternatif memperlihatkan bahwa Green Factory memperoleh nilai 0,2358, sedikit lebih tinggi dibandingkan Green Construction dengan 0,2306, selisih hanya 0,0052. Perbedaan yang sangat tipis ini menempatkan kedua alternatif pada kategori "sama baiknya", sehingga secara praktis keduanya dapat diprioritaskan bersama. Green Factory cenderung unggul pada aspek keberlanjutan operasional dan pengelolaan sumber daya finansial, sedangkan Green Construction menonjol pada fase pelaksanaan proyek melalui inovasi metode kerja dan pengendalian dampak lingkungan. Temuan ini menegaskan bahwa Faktor Penentu pembangunan Biogas Plant di Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat yang optimal memerlukan kombinasi kekuatan keduanya, dengan fokus pada pengendalian mutu, efisiensi waktu dan biaya, serta koordinasi lintas-stakeholder yang terintegrasi sejak tahap konstruksi hingga operasional. Pendekatan ini diharapkan mampu memastikan keberlanjutan teknis, finansial, dan lingkungan, sejalan dengan prinsip pembangunan hijau dan pengelolaan energi terbarukan di sektor industri kelapa sawit.

Daftar Pustaka

- Elkington, J., 1997. *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Oxford: Capstone Publishing.
- Heizer, J., Render, B. & Munson, C., 2017. *Operations management*. 12th ed. Boston, MA: Pearson Education.
- Ishikawa, K., 1985. *What is total quality control? The Japanese way*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kerzner, H., 2017. *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 12th ed. Wiley.
- Project Management Institute, 2021. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)*. 7th ed. Project Management Institute.
- Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Ofori, G., ed., 2012. *New perspectives on construction in developing countries*. 1st ed. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203847343>
- Al-Harbi, S., 2001. Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), pp.19-27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)
- Alam Bhuiyan, M.M. & Hammad, A., 2023. A hybrid multi-criteria decision support system for selecting the most sustainable structural material for a multistory building construction. *Sustainability*, 15(4), p.3128. <https://doi.org/10.3390/su15043128>
- Boadu, E.F., Wang, C.C. & Sunindijo, R.Y., 2020. Characteristics of the construction industry in developing countries and its implications for health and safety: An exploratory study in Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), p.4110. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114110>
- Dey, P.K., 2002. Project risk management: A combined analytic hierarchy process and decision tree approach. *Cost Engineering*, 44(3), pp.13-26.
- Kabeyi, M.J. & Olanrewaju, O.A., 2024. Biogas production and applications in the sustainable energy transition. *Sustainability*, 16(5), p.2150. <https://doi.org/10.3390/su16052150>
- Kluczek, A., 2017. An overall multi-criteria approach to sustainability assessment of manufacturing processes. *Procedia Manufacturing*, 8, pp.136-143. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.016>
- Kristinayanti, W.S., Zaika, Y., Devia, Y.P. & Wibowo, M.A., 2024. Green construction and local wisdom integration for sustainability: A systematic literature review. *Civil Engineering Journal*, 10(11), pp.5242-5261. <https://doi.org/10.28991/cej-2024-10-11-5242>
- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), pp.83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

- Siksnyte, I., Zavadskas, E.K., Streimikiene, D. & Sharma, D., 2018. An overview of multi-criteria decision-making methods in dealing with sustainable energy development issues. *Energies*, 11(10), p.2754. <https://doi.org/10.3390/en11102754>
- Silvius, A.J.G. & Schipper, R., 2014. Sustainability in project management: A literature review and impact analysis. *Social Business*, 4(1), pp.63–96. <https://doi.org/10.1362/204440814X13948909253866>
- Triantaphyllou, E. & Mann, S.H., 1995. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), pp.35–44.
- Wahyuni, R. & Rachman, A., 2022. Comprehensive analysis and prioritization of sustainable energy resources using analytical hierarchy process. *Sustainability*, 16(11), p.4873. <https://doi.org/10.3390/su16114873>
- Wang, J.-J., Jing, Y.-Y., Zhang, C.-F. & Zhao, J.-H., 2009. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), pp.2263–2278.
- Zuo, J. & Zhao, Z.-Y., 2014. Green building research–current status and future agenda: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, pp.271–281. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.021>
- Indian Biogas Association, 2025. Annual report 2025. [online] <https://www.iba.org> [Accessed 25 Aug. 2025].
- International Energy Agency, 2025. Outlook for biogas and biomethane. Paris: IEA. [online] <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane> [Accessed 25 Aug. 2025].
- Nasution, R.W., Hambali, E. & Wibowo, M.A., 2019. Utilization of palm oil mill effluent (POME) from the residual biogas power plant for microalgae production as raw material of biodiesel. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3517671>
- Promindsa, 2025. Biogas solutions for industry and households. [online] Available at: <https://www.promindsa.com> [Accessed 25 Aug. 2025].
- PT Sinar Mas Agribusiness and Food (SMART), 2020. Annual report 2019. Jakarta: SMART Tbk. [online] Available at: <https://www.smart-tbk.com> [Accessed 25 Aug. 2025].
- PT Sinar Mas Agribusiness and Food (SMART), 2025. Informasi penambahan kegiatan usaha: Produksi dan penjualan biogas (Gas Bio). [online] Available at: <https://www.smart-tbk.com> [Accessed 25 Aug. 2025].
- THINK Gas, 2025. Biogas for sustainable energy. [online] Available at: <https://www.thinkgas.in> [Accessed 25 Aug. 2025].
- Wikipedia, 2025. Analytic hierarchy process. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_hierarchy_process [Accessed 6 May 2025].
- World Biogas Association, 2025. Biogas: Pathways to 2030. London: World Biogas Association. [online] Available at: <https://www.worldbiogasassociation.org>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2024. Kementerian PU dorong rantai pasok jasa konstruksi yang agile dan adaptif. [online] Available at: <https://pu.go.id/berita/kementerian-pu-dorong-rantai-pasok-jasa-konstruksi-yang-agile-dan-adaptif> [Accessed 25 Aug. 2025].
- Mardani, A., et al., 2015. Sustainable and renewable energy: An overview of the application of multiple criteria decision-making techniques and approaches. In: *Multiple- Criteria Decision Analysis* [Wikipedia].
- Nugroho, B.S. & Suprpto, M., 2020. Prioritization of renewable energy source for electricity generation through AHP-VIKOR integrated methodology. *Proceedings of the 3rd EPI International Conference on Science and Technology*, 2024, pp.1–6. <https://doi.org/10.1109/EPIICST.2024.00006>
- Ofori, G., 2016. Construction in developing countries: Current imperatives and potential. In: K. Kahkonen & M. Keinanen, eds. *CIB World Building Congress 2016*. pp.xx–xx.
- Saaty, T.L., 1987. Principles of the analytic hierarchy process. In: J.L. Mumpower, O. Renn, L.D. Phillips & V.R.R. Uppuluri, eds. *Expert judgment and expert systems*. NATO ASI Series, Vol. 35. Berlin/Heidelberg: Springer, pp.27–73. https://doi.org/10.1007/978-3-642-86679-1_3
- Setiawan, F. & Effendi, M., 2019. Green construction capability model (GCCM) for contracting companies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290(1), p.012159. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012159>