

Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Pengolah Slurry Limbah Biogas Menjadi Pupuk Kompos Menggunakan Sistem Pemanas Gas LPG

Timotius Anggit Kristiawan^{1*}, Trio Setiyawan², Iman Mujiarto¹, Atikah Ayu Janitra², Muhammad Ghani Ardi Kurniawan², Rafiq Afrizal Bastian¹

¹Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275

*E-mail: anggit.kristiawan@polines.ac.id

Dikirim: 01 Juli 2026; Diterima: 20 Juli 2026; Diterbitkan: 25 Juli 2026

Abstract (10 bold italic)

Slurry generated from biogas production is commonly treated using natural drying methods, which require 30–40 days and intensive manual handling, making the process inefficient for practical applications. This study aims to design and evaluate the performance of a slurry drying machine utilizing LPG as a heat source with a capacity of 30 kg. The research methodology includes mechanical design, fabrication, and experimental performance testing. The developed system integrates a mechanical pressing unit, a rotating mixing drum, and a controlled LPG heating system driven by a 0.5 HP electric motor. Experimental results show that the machine is capable of reducing slurry mass by approximately 50% within 150 minutes at an operating temperature of 65–70 °C. The highest drying rate occurred during the first 30 minutes, indicating rapid moisture removal in the initial stage. Compared to conventional solar drying, the proposed system significantly reduces processing time while improving drying consistency. The developed machine demonstrates potential as an efficient and practical solution for converting biogas slurry into value-added organic fertilizer, particularly for small to medium-scale farming applications.

Keywords: *biogas slurry; drying machine; LPG heating; drying rate; organic fertilizer*

1. Pendahuluan

Pengelolaan limbah organik dari sektor peternakan merupakan salah satu tantangan penting dalam mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Peningkatan populasi ternak menyebabkan meningkatnya volume limbah kotoran ternak yang dihasilkan setiap hari. Apabila limbah tersebut tidak dikelola dengan baik, maka dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti pencemaran air tanah, pencemaran tanah, emisi gas rumah kaca, serta munculnya bau tidak sedap yang berdampak pada kesehatan masyarakat di sekitar area peternakan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah peternakan yang efektif dan ramah lingkungan menjadi aspek penting dalam sistem pertanian modern yang berkelanjutan.

Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan untuk mengatasi permasalahan limbah peternakan adalah teknologi biogas. Teknologi ini memanfaatkan proses fermentasi anaerob untuk menguraikan bahan organik dalam kotoran ternak sehingga menghasilkan gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Selain menghasilkan energi terbarukan, teknologi biogas juga mampu mengurangi emisi gas rumah kaca serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan biomassa dari limbah pertanian dan peternakan. Proses anaerobic digestion menghasilkan dua produk utama, yaitu biogas sebagai sumber energi dan digestate atau slurry yang kaya nutrisi yang dapat dimanfaatkan kembali dalam sektor pertanian [1].

Meskipun demikian, proses produksi biogas menghasilkan residu berupa slurry dalam jumlah yang cukup besar yang memerlukan pengolahan lebih lanjut. Slurry merupakan campuran antara kotoran ternak, air, dan bahan organik yang tidak sepenuhnya terdegradasi selama proses fermentasi anaerob. Jika tidak dikelola dengan baik, slurry dapat menimbulkan pencemaran lingkungan serta meningkatkan risiko penyebaran mikroorganisme patogen di lingkungan sekitar [2].

Di sisi lain, slurry sebenarnya memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena masih mengandung berbagai unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang dibutuhkan oleh tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa digestate dari proses biogas memiliki kandungan nutrisi yang mampu meningkatkan kesuburan tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan digestate sebagai pupuk juga dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah serta aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam siklus nutrisi tanaman [3]. Selain itu, penggunaan digestate sebagai pengganti sebagian pupuk kimia terbukti mampu meningkatkan produktivitas tanaman serta memperbaiki kualitas tanah secara berkelanjutan [4].

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa digestate dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam proses pengomposan untuk menghasilkan biofertilizer. Proses pengomposan digestate mampu menurunkan kadar air, meningkatkan stabilitas bahan organik, serta menghasilkan produk pupuk organik yang lebih mudah diaplikasikan pada lahan pertanian [5]. Pemanfaatan digestate sebagai pupuk organik juga menjadi bagian dari konsep circular economy, di mana limbah organik diolah kembali menjadi produk yang memiliki nilai tambah dalam sistem pertanian berkelanjutan [6].

Namun demikian, pemanfaatan slurry oleh peternak masih relatif rendah karena proses pengolahannya yang masih dilakukan secara konvensional. Metode yang umum dilakukan adalah pengeringan alami dengan memanfaatkan sinar matahari. Metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan sangat bergantung pada kondisi cuaca sehingga kurang efisien untuk diterapkan secara berkelanjutan. Selain itu, kadar air slurry yang tinggi menyebabkan proses pengeringan membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan bahan organik lainnya.

Secara biologis, proses pengomposan bahan organik termasuk slurry sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Aktivitas mikroorganisme tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti suhu, kadar air, dan aerasi. Suhu merupakan salah satu parameter penting dalam proses pengomposan karena mempengaruhi laju metabolisme mikroorganisme. Mikroorganisme pengurai umumnya bekerja secara optimal pada fase mesofilik (25–40 °C) dan fase termofilik (50–70 °C). Pada fase termofilik, proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat serta mampu menurunkan jumlah mikroorganisme patogen yang terdapat dalam bahan kompos [5].

Untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan slurry, diperlukan pengembangan teknologi mesin pengolah yang mampu mempercepat proses pengeringan dan pengomposan bahan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan sistem pemanas dan pengadukan dalam satu unit mesin pengolah slurry. Sistem pemanas dapat membantu mempercepat proses penguapan kadar air serta menjaga suhu proses pengomposan agar tetap berada pada kondisi optimal bagi aktivitas mikroorganisme. Dalam penelitian ini, sumber panas yang digunakan adalah gas LPG karena memiliki nilai kalor yang tinggi, mudah diperoleh, serta mampu menghasilkan panas yang stabil sehingga proses pemanasan dapat berlangsung lebih terkontrol.

Selain itu, sistem pengadukan dalam mesin pengolah slurry berfungsi untuk mencampur bahan secara merata sehingga distribusi panas dapat berlangsung secara lebih efektif. Proses pengadukan juga membantu meningkatkan aerasi bahan yang berperan penting dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik selama proses pengomposan berlangsung.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pemanfaatan slurry sebagai pupuk organik, kajian mengenai pengembangan mesin pengolah slurry yang terintegrasi dengan sistem pemanas dan pengadukan untuk mempercepat proses pengolahan masih relatif terbatas, khususnya pada teknologi yang dapat diterapkan pada skala peternakan kecil hingga menengah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja mesin pengolah slurry limbah biogas yang dilengkapi dengan sistem pengadukan dan pemanas berbahan bakar gas LPG. Mesin yang

dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengolahan slurry menjadi pupuk kompos sehingga dapat memberikan nilai tambah bagi peternak sekaligus mendukung pengelolaan limbah peternakan yang berkelanjutan.

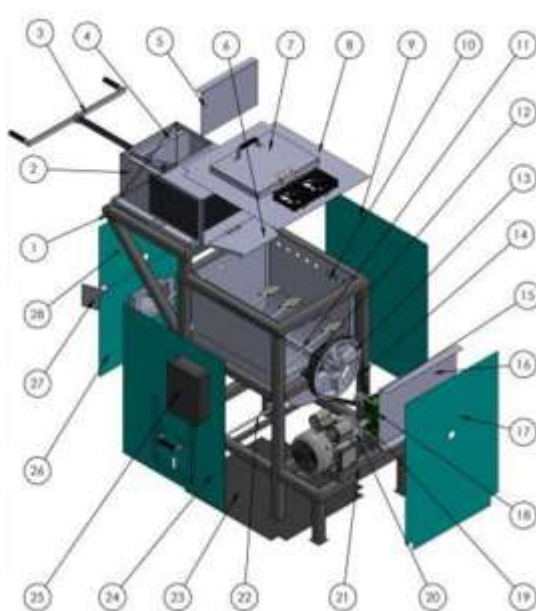
2. Material dan metodologi

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur mengenai bio-slurry [7,8,9], metode pengeringan [10,11,12], serta teori perancangan mesin [13,14,15] yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan parameter desain. Selanjutnya dilakukan proses perancangan mekanis yang meliputi desain rangka, tabung, sistem pres, serta perhitungan gaya pres, torsi pengaduk, dan daya motor. Setelah desain ditetapkan, dilakukan proses fabrikasi dengan kegiatan pemotongan material, pengelasan rangka, pembuatan tabung, pemasangan motor listrik, perakitan sistem transmisi, serta instalasi pemanas alat. Gambar 2 dan 3 merupakan Mesin pengolah *slury* berkapasitas 30 kg dengan dimensi keseluruhan 1724 mm × 555 mm × 1180 mm.



Gambar 1. Desain mesin pengering *slury*

1. Rangka
2. Body press
3. Ulir press
4. Plat press
5. Tutup press
6. Output press
7. Tutup tabung
8. Body atas
9. Body belakang
10. Tabung
11. Shaft pengaduk
12. Pillow block
13. Pulley 10 in
14. V-Belt
15. Pulley 2 in



16. Tutup tabung
17. Body kanan
18. Gearbox
19. Kopling Tetap
20. Motor listrik 0,5 HP
21. Bracket motor
22. Bumer pemanas
23. Body bawah
24. Body depan
25. Box elektronik
26. Body kiri bawah
27. Output tabung
28. Body kiri atas

Gambar 2. Bagian mesin pengering *slury*

Uji kinerja mesin dilakukan dengan memasukkan slurry sapi seberat 30 kg ke dalam tabung. Proses diawali dengan pengepresan manual untuk menurunkan kadar air awal, dilanjutkan dengan pemanasan. Suhu di dalam tabung dijaga pada suhu 65–70 °C sambil dilakukan pengadukan secara terus-menerus. Operasi suhu maksimal pada 70 °C sesuai dengan batas yang dianjurkan agar mikroba bermanfaat dalam slurry tidak mati [16]. Selama proses pengeringan, suhu di dalam tabung dipantau menggunakan sensor thermocouple, sementara waktu pengeringan dicatat dengan stopwatch pada waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Setelah proses selesai, slurry yang telah diproses ditimbang kembali untuk mengetahui persentase penurunan kadar air. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan membandingkan efektivitas pengeringan menggunakan mesin dengan metode konvensional berupa pengeringan alami yang umumnya membutuhkan waktu 30–40 hari.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Proses Manufaktur

Proses manufaktur mencakup proses pembuatan komponen mekanik, kelistrikan, dan perakitan. Proses pembuatan komponen mekanik dilakukan dengan proses pemesinan (turning, milling, cutting, drilling, polesing) dan proses subassembly dengan pengelasan sesuai dengan komponen mesin pengering *slurry* yang akan dibuat. Proses perakitan merupakan tahapan akhir proses rancang bangun mesin. Setiap komponen diassembly menyusun mesin pengering dan pemasangan rangkaian kelistrikan dan kontrol kerja mesin.

3.2. Hasil Rancang Bangun

Hasil rancang bangun mesin pengering *slurry* ditunjukkan pada Gambar 3 berikut dengan spesifikasi mesin meliputi:

Tenaga Penggerak	: Motor Listrik ½ HP
Kapasitas	: 30 [Kg]
Panjang	: 1724 [mm]
Lebar	: 555 [mm]
Tinggi	: 1180 [mm]
Ukuran Tabung	: 1256 [mm] x 497 [mm]



Gambar 3. Hasil rancang bangun mesin pengering *slurry*

3.3. Pengujian Pengeringan Slurry

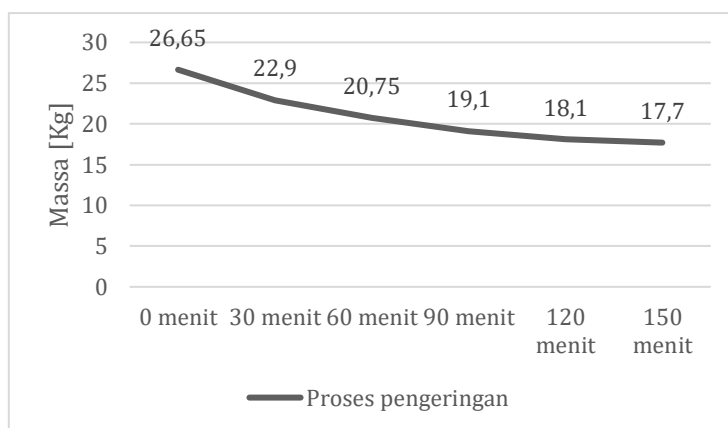
Proses pengujian awal dilakukan dengan pengepresan *slurry* dan menghasilkan air sebanyak 3,35 kg sehingga berat *slurry* awal 30 kg menjadi 26,65 kg. Selanjutnya, dilakukan proses pengeringan dengan variasi waktu pemanasan 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Tabel 1 menunjukkan hasil proses pengeringan *slurry*.

Tabel 1. Data Pengujian

No	Hasil Pengujian	Waktu	Berat	Keterangan
1.		30 menit	22,90 Kg	Berat <i>slurry</i> mengalami penurunan sebanyak 3,75 kg. Hasil <i>slurry</i> masih banyak mengandung air
2.		60 menit	20,75 Kg	Berat <i>slurry</i> mengalami penurunan sebanyak 2,15 kg. hasil <i>slurry</i> masih terlihat mengandung banyak air.
3.		90 menit	19,10 Kg	Berat <i>slurry</i> mengalami penurunan sebanyak 1,65 kg. hasil <i>slurry</i> sudah terlihat agak kering tetapi masih belum sesuai keinginan.
4.		120 menit	18,10 Kg	Berat <i>slurry</i> mengalami penurunan sebanyak 1,0 kg. hasil <i>slurry</i> sudah terlihat kering, namun masih belum sesuai keinginan.
5.		150 menit	17,7 Kg	Berat <i>slurry</i> mengalami penurunan sebanyak 0,4 kg. hasil <i>slurry</i> sudah kering dan sesuai keinginan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin pengolah *slurry* kapasitas 30 kg mampu bekerja sesuai dengan rancangan dan memberikan kinerja yang lebih efisien dibanding metode pengeringan konvensional. Pada proses pengujian dengan suhu operasi 65–70 °C, *slurry* berhasil mengalami penurunan kadar air hingga $\pm 50\%$ dalam waktu 150 menit.

Gambar 3 menunjukkan grafik proses pengeringan dimana pengurangan massa terbesar pada 30 menit awal sebesar 3,75 kg dari 26,65 kg menjadi 22,9 kg. Sedangkan pengurangan massa terkecil saat mencapai waktu 150 menit yaitu hanya 0,4 kg dari 18,1 kg menjadi 17,7 kg dan pada waktu ini proses pengeringan sudah tidak efektif dan mencapai batasnya.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian

Hasil ini menegaskan bahwa proses pemanas bersumber LPG dengan sistem pengadukan kontinue mampu mempercepat proses pengeringan secara signifikan jika dibandingkan dengan metode alami yang membutuhkan waktu 30–40 hari. Proses pengepresan awal terbukti efektif dalam mengurangi kadar air sebelum masuk tahap pengeringan, sehingga beban kerja pemanas menjadi lebih ringan. Selain itu, sistem pengadukan yang digerakkan motor listrik mampu menjaga distribusi panas di dalam tabung tetap merata, mencegah terjadinya penggumpalan, dan menghasilkan slurry kering dengan kualitas yang lebih konsisten. Studi lanjut dapat dilakukan untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar [17,18] pemanas pengganti gas LPG, biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sehingga dapat mengurangi biaya yang dipakai.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun mesin pengolah *slurry* menjadi pupuk kompos dengan kapasitas 30 kg menggunakan gas LPG sebagai sumber panas. Spesifikasi Mesin yaitu terdiri dari tabung pengaduk, sistem pengepres manual, motor listrik 0,5 HP dengan transmisi sabuk-V, serta pemanas dari gas LPG terbukti mampu bekerja dengan baik sesuai rancangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada suhu operasi 65–70 °C mesin mampu mengurangi kadar air slurry hingga sekitar 50% dalam waktu 150 menit, jauh lebih cepat dibandingkan metode pengeringan alami yang membutuhkan waktu 30–40 hari. Proses pengepresan awal dan pengadukan kontinue berperan penting dalam mempercepat penguapan air serta menjaga distribusi panas agar lebih merata. Dengan demikian, mesin ini dapat menjadi solusi tepat guna dalam pemanfaatan limbah *slurry* sebagai pupuk organik yang bernilai ekonomis.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima Kasih kepada P3M Politeknik Negeri Semarang yang telah mendanai penelitian ini dalam skema penelitian terapan kompetitif tahun anggaran 2025.

Daftar Pustaka

- [1] M. E. Lee, M. W. Steiman, and S. K. St. Angelo, "Biogas digestate as a renewable fertilizer: Effects of digestate application on crop growth and nutrient composition," *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 36, pp. 173–181, 2021, doi.org/10.1017/S1742170520000186.

- [2] T. Eickenscheidt, A. Freibauer, J. Heinichen, J. Augustin, and M. Drosler., "Short-term effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions affected by N availability from grasslands on drained fen peatlands and associated organic soils," *Biogeosciences*, vol. 11 no. 22 pp. 6187–6207, 2014, doi.org/10.5194/bg-11-6187-2014.
- [3] P. Barlog, L. Hlisnikovsky, and E. Kunzova, "Effect of digestate on soil organic carbon and plant-available nutrient content compared to cattle slurry and mineral fertilization," *Agronomy*, vol. 10, no. 3, p. 379, 2020, doi.org/10.3390/agronomy10030379.
- [4] W. Liu, B. Yao, Y. Xu, S. Dai, M. Wang, J. Ma, Z. Ye, D. Liu., "Biogas digestate as a potential nitrogen source enhances soil fertility rice nitrogen metabolism and yield," *Field Crops Research*, vol. 318, 2024, doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109568.
- [5] I. G. Ezemagu, M. I. Ejimofor, M. C. Menkiti, C. Diyoke., "Biofertilizer production via composting of digestate obtained from anaerobic digestion obtained from anaerobic digestion of post biocoagulation sludge blended with saw dust: Physiochemical characterization and kinetic study," *Environmental Challenges*, vol. 5, 2021, doi.org/10.1016/j.envc.2021.100288.
- [6] P. Sharma, A. Bano, K. Verma, M. Yadav, S. Varjani, S. P. Singh, Y. W. Tong., "Food waste digestate as biofertilizer and their direct applications in agriculture," *Bioresource Technology Reports*, vol. 23, 2023, doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101515.
- [7] G. Reuland, T. V. Sande, H. Dekker, I. Sigurnjak, E. Meers., "Digestate in replacement of synthetic fertilisers: A comparative 3-year field study of the crop performance and soil residual nitrates in West-Flanders," *European Journal of Agronomy*, vol. 161, p. 127380, 2024, doi:10.1016/j.eja.2024.127380.
- [8] A. Herdianto, A. Krisdhianto, and M. S. Aswan, "Evaluation of different feedstocks for biogas output and bioslurry quality in household digesters in Banyuwangi," *Jurnal Inovasi Teknologi dan Rekayasa*, vol. 10, no. 2, pp. 379-386, 2025, doi:10.31572/inotera.Vol10.Iss2.2025.ID545.
- [9] E. Villada, M. Velasquez, A. M. Gómez, J. D. Correa, J. F. Saldarriaga, J. E. López, A. Tamayo., "Combining anaerobic digestion slurry and different biochars to develop a biochar-based slow-release NPK fertilizer," *Science of the Total Environment*, vol. 927, p. 171982, 2024, doi:10.1016/j.scitotenv.2024.171982.
- [10] J. Mellmann, R. Salamat, A. Kharaghani., "Drying behavior of solid digestate and reaction kinetics of ammonium degradation during laboratory-scale drying," *Waste Management*, vol. 173, pp. 75–86, 2024, doi:10.1016/j.wasman.2023.11.007.
- [11] L. Morey, B. Fernandez, L. Tey, C. Biel, A. Robles-Aguilar, E. Meers, J. Soler, R. Porta, M. Cots, V. Riaú., "Acidification and solar drying of manure-based digestate to produce improved fertilizing products," *Journal of Environmental Management*, vol. 336, p. 117664, 2023, doi:10.1016/j.jenvman.2023.117664.
- [12] R. Kurniadi, R. M. Hartati, and Y. Avianto, "Pengaruh pemberian limbah biogas cair dan padat (bio-slurry) sebagai pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery," *AGROFORETECH Jurnal Online Mahasiswa INSTIPER*, 2025.
- [13] H. Tristijanto, W. I. Nugroho, M. Farhan, P. g Yanuar., "Rancang Bangun Autofeeder O-Ring Berbasis Electropneumatic untuk Menurunkan Cycle Time Penyuplaian O-Ring pada Proses Nut Push Press Line Wiper Assy," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 19, no. 3, pp. 395-402, Desember 2025, https://doi.org/10.32497/jrm.v19i3.4967.
- [14] A. Susanto, T. A. Kristiawan, S. Harmanto., "Rancang Bangun dan Analisis Variasi Kecepatan Putaran Welding

Rotary Table pada Proses Pengelasan Stub Shaft guna Meningkatkan Kualitas Hasil Pengelasan: Studi Kasus di PT. X Indonesia," *Journal of Mechanical Engineering and Applied Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 77-68, 2024, <https://doi.org/10.32497/jmeat.v2i2.5756>.

- [15] A. S. Wibowo, T. A. Kristiawan, A. Hidayat., "Rancang Bangun dan Analisis Screen Cutting Machine Guna Meningkatkan Produktivitas Pemotongan," *Journal of Mechanical Engineering and Applied Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 13-18, 2023, <https://doi.org/10.32497/jmeat.v1i1.4720>.
- [16] P. A. Sulaimani., "Enhancing Bokashi Compost via Optimal Drying Temperatures," *Integrated Journal for Research in Arts and Humanities*, vol. 5 no. 3, pp. 150–155, 2025, <https://doi.org/10.55544/ijrah.5.3.1>.
- [17] L. M. Simbolon, M. Arman, and Susilawati, "Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi penghasil energi pendinginan, energi listrik dan energi pemanasan – studi fisibilitas," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, 2023, doi:10.32497/jrm.v18i2.3884.
- [18] Elsanto, M. Taufiqurrahman, and G. S. Lubis, "Analisa prototype pengering gabah type batch dryer berbahan bakar biomassa terhadap laju pengeringan," *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, 2024.