

Nomor Urut: 186 A/UN7.F3.6.TL/DL/II/2025
187 A/UN7.F3.6.TL/DL/II/2025
188 A/UN7.F3.6.TL/DL/II/2025

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN INSTALASI BIOGAS BERBAHAN
BAKU SEKAM PADI DENGAN METODE *LIQUID
ANAEROBIC DIGESTION* (L-AD) DI KECAMATAN
BANDONGAN, KABUPATEN MAGELANG**



Disusun oleh :

Rifda Zuchruf Chanafi	21080121120020
Wildan Rosyid	21080121120023
Annisa Ayuningtyas	21080121130053

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh : Rifda Zuchruf Chanafi
NAMA : 21080121120020
NIM : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Jurusan/Departemen : Perencanaan Instalasi Biogas Berbahan Baku Sekam Padi
Judul Skripsi : dengan Metode Liquid Anaerobic Digestion (L-AD) di
Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:
Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D., IPM
198201202008011005

.....

Pembimbing II:
Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T., IPU., ASEAN Eng.
195811071988031001

.....

Ketua Penguji:
Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197402141999031002

.....

Anggota Penguji:
Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.
197805142005011001

.....

Semarang, 22 Desember 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



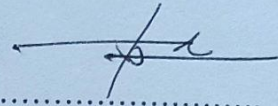
Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

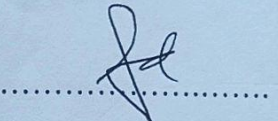
Skripsi ini diajukan oleh : Wildan Rosyid
NAMA : 21080121120023
NIM : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Jurusan/Departemen : Perencanaan Instalasi Biogas Berbahan Baku Sekam Padi
Judul Skripsi : dengan Metode Liquid Anaerobic Digestion (L-AD) di
Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

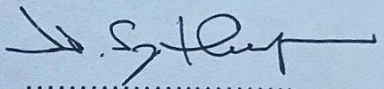
Pembimbing I:
Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T., IPU., ASEAN Eng.
195811071988031001


.....

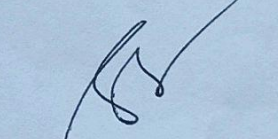
Pembimbing II:
Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D., IPM
198201202008011005


.....

Ketua Penguji:
Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197402141999031002


.....

Anggota Penguji:
Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.
197805142005011001


.....

Semarang, 22 Desember 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Annisa Ayuningtyas
NIM : 21080121130053
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Instalasi Biogas Berbahan Baku Sekam Padi dengan Metode Liquid Anaerobic Digestion (L-AD) di Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:
Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T., IPU., ASEAN Eng.
195811071988031001

.....

Pembimbing II:
Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D., IPM
198201202008011005

.....

Ketua Penguji:
Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T., M.Si., IPU., ASEAN Eng.
197805142005011001

.....

Anggota Penguji:
Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197402141999031002

Semarang, 22 Desember 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Undip
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global yang berdampak pada sektor lingkungan, ekonomi, dan sosial akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca yang dipicu oleh aktivitas manusia, khususnya penggunaan bahan bakar fosil. Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan energi terbarukan, seperti biogas. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi produksi biogas berbahan baku limbah sekam padi dan kotoran sapi menggunakan metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD) sebagai dasar perencanaan desain bangunan digester. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan pendekatan Response Surface Methodology–Central Composite Design (RSM-CCD). Variabel yang dianalisis meliputi Total Solid (TS) dan volume campuran substrat terhadap produktivitas biogas. Limbah sekam padi dipilih karena ketersediaannya yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum produksi biogas pada skala laboratorium diperoleh pada nilai TS sebesar 7% dengan volume campuran sebesar 50% dari kapasitas digester, yang menghasilkan produktivitas biogas paling optimal dan stabil. Meskipun demikian, untuk meningkatkan kualitas dan hasil optimasi biogas secara lebih komprehensif, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji pengaruh variasi konsentrasi substrat atau parameter operasional lainnya terhadap kinerja proses. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan desain bangunan digester biogas yang lebih efisien dan berkelanjutan, sekaligus mendukung pengelolaan limbah pertanian dan pengurangan emisi gas rumah kaca.

Kata Kunci: biogas, sekam padi, kotoran sapi, *Liquid Anaerobic digestion*, RSM-CCD

ABSTRACT

Climate change is one of the major global challenges affecting environmental, economic, and social sectors due to the increasing emission of greenhouse gases caused by human activities, particularly fossil fuel combustion. One potential mitigation effort is the utilization of renewable energy sources, such as biogas. This study aims to optimize biogas production using rice husk waste and cow manure through the Liquid Anaerobic digestion (L-AD) method as a basis for digester building design planning. The research was conducted as a laboratory-scale experimental study using the Response Surface Methodology–Central Composite Design (RSM-CCD) approach. The analyzed variables included Total Solid (TS) content and substrate mixing volume on biogas productivity. Rice husk waste was selected due to its high availability and underutilization. The results showed that the optimal condition for biogas production at the laboratory scale was achieved at a TS value of 7% and a mixing volume of 50% of the digester capacity, resulting in the highest and most stable biogas productivity. However, to further improve biogas quality and optimization outcomes, future studies are recommended to investigate the effects of substrate concentration variations or other operational parameters on process performance. The findings of this study are expected to serve as a reference for efficient and sustainable biogas digester design, while also supporting agricultural waste management and reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: *biogas, rice husk, cow manure, Liquid Anaerobic digestion, RSM-CCD*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan global terbesar yang mempengaruhi berbagai sektor, seperti lingkungan, ekonomi, dan sosial. Fenomena ini dipicu oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) akibat aktivitas manusia, salah satunya pembakaran bahan bakar fosil. Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, dunia internasional menyepakati Persetujuan Paris 2015 pada Konferensi Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa - Bangsa (UNFCCC) di Paris tahun 2015. Kesepakatan ini bertujuan untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C, dengan target menahan kenaikan tersebut hingga 1,5°C dibandingkan dengan tingkat pra-industri. Persetujuan Paris juga mendorong negara-negara untuk menetapkan dan melaksanakan kontribusi nasional yang ditentukan secara sukarela *Nationally Determined Contributions* (NDC) guna mengurangi emisi GRK.

Perserikatan Bangsa-Bangsa juga menetapkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) untuk mencapai pembangunan berkelanjutan, termasuk SDGs 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDGs 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDGs 13 (Aksi Iklim). SDGs 7 mendorong transisi ke energi bersih guna mengurangi dampak lingkungan, sementara SDGs 12 menekankan efisiensi sumber daya dan reduksi emisi dalam proses produksi. SDGs 13 menuntut aksi global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dalam upaya memerangi perubahan iklim.

Paris Agreement dan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) menggunakan pendekatan terintegrasi yang saling memperkuat. Indonesia menunjukkan komitmennya terhadap Persetujuan Paris dan SDGs dengan meratifikasinya melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016. Melalui undang-undang ini, Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% dengan usaha sendiri, atau hingga 41% dengan dukungan internasional, pada tahun 2030. Salah satu penyumbang

emisi GRK di Indonesia berasal dari proses pembakaran bahan bakar konvensional yang digunakan sebagai sumber energi pada berbagai sektor.

Energi merupakan sektor terpenting yang ada di Indonesia. Pertambahan populasi penduduk sangat mempengaruhi permintaan energi, baik secara langsung ataupun dapat ditimbulkan dari perkembangan ekonomi (Afriyanti et al., 2018). Indonesia sebagai negara dengan populasi terbesar keempat di dunia dan ekonomi terbesar ke-16, konsumsi energi Indonesia terus meningkat seiring dengan kebutuhan pembangunan. Namun, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil masih mendominasi sektor energi sehingga dalam 10 tahun terakhir pada 2013 sampai 2022 mengalami penyusutan dari 100 TSCF (*Triliun Standard Cubic Feet*) menjadi 36 TSCF (Santoso & Nrp, 2024). Kondisi ini menuntut Indonesia untuk beralih ke sumber energi yang lebih berkelanjutan. Menurut proyeksi Badan Energi Dunia (International Energy Agency-IEA), hingga tahun 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Sebagian besar atau sekitar 80% kebutuhan energi dunia tersebut dipasok dari bahan bakar fosil. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) pemanfaatan gas bumi meningkat sebesar 3% seiring dengan peningkatan populasi dan perekonomian yang lebih baik. Kegiatan ekonomi dan dinamika sosial masyarakat perlu didukung dengan ketersediaan energi yang lebih baik. Berdasarkan PP No. 79 Tahun 2014 terkait Kebijakan Energi Nasional, pemenuhan penyediaan energi dan pemanfaatan energi pada tahun 2025 dituntut untuk mewujudkan ketahanan energi dengan diperolehnya energi yang bersumber dari minyak bumi kurang dari 25%, batu bara minimal 30%, gas bumi minimal 22%, dan energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050.

Biogas sebagai salah satu alternatif energi terbarukan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan, terutama dalam pengolahan limbah organik seperti sekam padi. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari degradasi bahan organik melalui proses biologis di bawah kondisi anaerob yang sebagian besar terdiri dari metana dan karbon dioksida (BSN, 2012). Selain ramah lingkungan, biogas dapat menjadi solusi pengganti bahan

bakar fosil yang turut mendukung upaya pemerintah dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mencapai target energi bersih. Biogas dapat diproduksi melalui dua kondisi yaitu, *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD) dan *Solid State Anaerobic digestion* (SS-AD). Produksi biogas menggunakan metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD) telah diketahui optimal pada konsentrasi Total Solid (TS) dalam rentang 5–15% (Nugraha et al., 2018).

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah pertanian yang melimpah, termasuk limbah sekam padi dari proses penggilingan. Pada proses penggilingan padi biasanya menghasilkan beras giling antara 50 - 63,5%, sekam sekitar 20 - 30% dan katul sekitar 8 – 12% (Wulandari et al., 2023). Sekam padi merupakan limbah pertanian yang seringkali kurang dimanfaatkan, sehingga penumpukan dan pembuangannya menjadi masalah. Sekam padi bila dibiarkan tanpa pengelolaan yang tepat, berpotensi mencemari lingkungan dan memicu emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang memperparah pemanasan global. Kondisi ini menuntut adanya solusi pengelolaan yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar dalam bentuk energi alternatif.

Indonesia juga menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan limbah peternakan, khususnya rumen dan kotoran sapi. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022 mencatat populasi sapi potong di Indonesia mencapai lebih dari 19 juta ekor. Setiap ekor sapi diperkirakan menghasilkan sekitar 87 kg kotoran basah per hari dengan kadar air 90%, sehingga total produksi kotoran sapi secara nasional mencapai sekitar 570 juta ton per tahun. Limbah peternakan seringkali kurang dimanfaatkan dengan baik, sehingga penumpukan dan pembuangannya menjadi masalah. Limbah peternakan dapat mencemari lingkungan dan memicu emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) yang memiliki potensi pemanasan global 25 kali lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO_2). Diperkirakan setiap 1 kg kotoran sapi dapat menghasilkan sekitar 0,03 m³ gas metana, sehingga potensi total metana yang dihasilkan mencapai 17,1 miliar m³ per tahun. Kotoran sapi dan rumen (bagian perut sapi yang berfungsi dalam proses fermentasi makanan) dapat juga dimanfaatkan

sebagai sumber energi alternatif melalui produksi biogas. Gas metana yang dihasilkan dari proses pencernaan anaerobik ini berpotensi menggantikan konsumsi bahan bakar fosil dan dapat menghasilkan potensi ekonomi hingga Rp64,3 triliun per tahun, dengan asumsi metana yang dihasilkan dapat menggantikan konsumsi bahan bakar minyak tanah sebesar 14,8 juta liter per hari (UGM, 2017).

Salah satu wilayah yang memiliki produktivitas padi tinggi yaitu ada di Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang. Kecamatan Bandongan memiliki luas lahan pertanian 44,1% dari keseluruhan luas wilayah, yaitu seluas 20,19 km² dari 45,79 km² luas kecamatan. Berdasarkan data dari Balai Penyuluh Pertanian Kecamatan Bandongan, Kecamatan Bandongan memiliki total 52 *Rice Mill Unit* (RMU). Sekam padi, sebagai limbah yang melimpah dari kegiatan pertanian belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan informasi dari Pak Maryono (Kepala Koperasi Kecamatan Bandongan, dan Anggota Kelompok Tani dan Ternak), sebanyak 5 Unit Pengolah Pupuk Organik (UPPO) di Kecamatan Bandongan perlu diberdayakan terutama pada pemanfaatan limbah kotoran sapi.

Solusi terhadap permasalahan pengolahan limbah pertanian dan peternakan serta meningkatnya kebutuhan energi dapat dilakukan melalui pemanfaatan limbah pertanian dan peternakan di Kecamatan Bandongan, seperti sekam padi dan kotoran ternak sapi, sebagai sumber energi biogas. Sekam padi dan kotoran ternak memiliki potensi yang besar untuk diolah menjadi biogas melalui proses pencernaan anaerobik. Proses pencernaan anaerobik tersebut dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan, antara lain *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD) dan *Solid-State Anaerobic digestion* (SS-AD). Metode L-AD merupakan teknologi fermentasi anaerobik yang diaplikasikan pada substrat dengan kadar padatan rendah, yaitu kurang dari 15%. Pemilihan metode L-AD dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik bahan baku yang digunakan, khususnya sekam padi dan kotoran sapi, yang memerlukan penambahan air untuk mencapai kondisi reaktor yang homogen dan stabil selama proses fermentasi. Dibandingkan dengan metode SS-AD yang beroperasi pada kadar padatan tinggi, metode L-AD memiliki keunggulan dalam hal kemudahan pencampuran substrat,

distribusi mikroorganisme yang lebih merata, serta pengendalian parameter proses seperti pH dan suhu yang relatif lebih sederhana. Selain itu, metode L-AD dinilai lebih sesuai untuk skala penelitian dan penerapan di tingkat masyarakat karena memiliki risiko gangguan operasional yang lebih rendah. Penerapan metode L-AD tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga berkontribusi dalam menurunkan emisi gas rumah kaca seperti metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang berpotensi meningkatkan pemanasan global. Pemanfaatan biogas dari sekam padi juga sejalan dengan kebijakan energi nasional dalam meningkatkan kontribusi energi baru dan terbarukan, serta memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat sekitar.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa produksi biogas dari substrat lignoselulosa, seperti sekam padi, menghasilkan kinerja optimum pada nilai *total solids* (TS) sebesar 7% dengan perlakuan *pretreatment* kimia menggunakan NaOH dalam rentang pengujian 7–9% (Saputri et al., 2017). Namun demikian, hingga saat ini masih terbatas penelitian yang mengevaluasi kinerja produksi biogas menggunakan metode L-AD pada nilai TS yang lebih tinggi, khususnya pada rentang 9,5–12%. Variasi nilai TS diketahui berpengaruh terhadap stabilitas proses fermentasi, aktivitas mikroorganisme, serta efisiensi pembentukan biogas. Selain itu, peningkatan nilai TS berpotensi memengaruhi karakteristik sistem pencernaan anaerobik, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui batas optimum operasional metode L-AD sebelum terjadi penurunan kinerja proses. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji variasi nilai TS pada rentang 9,5–12% guna menentukan kondisi optimum dalam menghasilkan biogas. Penelitian ini juga mengintegrasikan kembali pengujian pada rentang TS 7–9% sehingga evaluasi dapat dilakukan secara menyeluruh pada rentang TS 7–14%. Nilai TS optimum yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan kriteria desain biodigester dengan metode L-AD. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan dan perancangan biodigester yang lebih efisien dan aplikatif untuk pengolahan limbah organik berbasis lignoselulosa, khususnya sekam padi.

Berdasarkan uraian tersebut, tugas akhir ini disusun sebagai upaya merancang desain produksi biogas dari limbah sekam padi menggunakan metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD). Dengan mempertimbangkan potensi biomassa di wilayah Kecamatan Bandongan, produksi biogas dari sekam padi dan limbah peternakan dengan metode ini diharapkan dapat menjadi langkah strategis untuk memenuhi kebutuhan energi bersih secara lokal, dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang, merupakan wilayah dengan aktivitas pertanian yang signifikan, menghasilkan limbah sekam padi sebagai produk sampingan utama dari proses penggilingan padi.
2. Optimalisasi pemanfaatan kandungan lignin yang tinggi pada sekam padi berpotensi menjadi biogas sebagai solusi inovatif dalam transisi energi terbarukan dan pengelolaan limbah sekam padi yang belum diolah di Kecamatan Bandongan.
3. Produksi gas metana tinggi yang dihasilkan dari limbah peternakan yang menumpuk di Kecamatan Bandongan berpotensi menjadi solusi energi berkelanjutan yaitu biogas yang tidak hanya mengurangi bahaya timbunan gas metana tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi dan efisiensi pemanfaatannya.
4. Teknologi *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD) memerlukan kondisi operasi yang optimal untuk meningkatkan efisiensi produksi biogas, khususnya melalui variasi Total Solid (TS) dan pengaruh karakteristik sekam padi dari berbagai sumber.

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian yang diajukan adalah :

1. Bagaimana pengaruh karakteristik bahan baku untuk produksi biogas dari tiga kelurahan (Desa Sukosari, Desa Kebonagung, dan Desa Tonoboyo) di Kecamatan Bandongan dengan metode L-AD?

2. Berapa nilai TS optimal dalam rentang 7% - 14% untuk meningkatkan produksi biogas berbasis sekam padi dengan tambahan kotoran sapi?
3. Bagaimana perencanaan instalasi biogas yang sesuai untuk implementasi di Kecamatan Bandongan?
4. Berapa rencana anggaran biaya instalasi biogas dengan metode L-AD di Kecamatan Bandongan?

1.4 Rumusan Tujuan

Perencanaan ini memiliki tujuan yaitu:

1. Menganalisa karakteristik bahan baku untuk produksi biogas dari tiga kelurahan (Desa Sukosari, Desa Kebonagung, dan Desa Tonoboyo) di Kecamatan Bandongan dan pengaruhnya terhadap produksi biogas dengan metode L-AD.
2. Menentukan nilai TS optimal sekam padi dalam rentang 7% - 14% untuk produksi biogas dengan metode L-AD dan penambahan limbah peternakan.
3. Merumuskan strategi perencanaan yang optimal untuk produksi biogas dari limbah sekam padi dan limbah peternakan sapi di Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang.
4. Menentukan rencana anggaran biaya instalasi biogas dengan metode L-AD di Kecamatan Bandongan.

1.5 Pembatasan Masalah

Perencanaan ini mempunyai ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan limbah sekam padi dan limbah peternakan sebagai substrat untuk meningkatkan efisiensi degradasi anaerobik.
2. Variasi yang diuji terbatas pada kandungan TS 7% - 12% dengan metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-AD).
3. Perencanaan instalasi biogas dilakukan dalam skala komunitas, tanpa uji coba skala industri.

4. Studi ini mencakup perancangan sistem teknis biogas, termasuk gambar desain, RAB, serta analisis kelayakan ekonomi, teknis, dan lingkungan.
5. Wilayah studi terbatas pada tiga kelurahan (Desa Sukosari, Desa Kebonagung, dan Desa Tonoboyo) di Kecamatan Bandongan.

1.6 Rumusan Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi IPTEK

Menjadi referensi gambaran terkait proses pemanfaatan limbah pertanian khususnya sekam padi sebagai sumber alternatif baru yaitu biogas yang dapat menggantikan bahan bakar fosil yang lebih ramah lingkungan.

2. Bagi Pemerintah

Sebagai masukan untuk pemerintah Kabupaten Magelang dalam perencanaan menentukan kebijakan strategi penurunan timbunan limbah pertanian serta mendukung upaya nasional dalam menurunkan dampak perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca.

3. Bagi Masyarakat

Menambah wawasan masyarakat mengenai pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi biogas dan mendorong partisipasi aktif masyarakat kecamatan Bandongan dalam penurunan timbunan limbah pertanian berdasarkan strategi yang telah direncanakan.

4. Bagi Penulis

Menambah wawasan penulis terkait proses pengolahan sekam padi menjadi biogas, serta mendapatkan kondisi optimum produksi biogas dengan metode L-AD, dan dampak lingkungan ekonomi dan teknis dalam pengolahan sekam padi menjadi biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2018). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan Di Indonesia. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 2(3), 865–884.
- Agustin, A. W., Sudarti, & Yushardi. (2023). Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(6), 1109–1116. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i6.2841>
- Amrillah, Z., Hanum, F. F., & Rahayu, A. (2022). Studi Efektivitas Metode Ekstraksi Selulosa dari Agricultural Waste. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 8. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit%0AE-ISSN:2745-6080>
- Anshar, M., & Ani, F. N. (2015). Electrical energy potential of rice husk as fuel for power generation in Indonesia. *MUCET 2015, October*.
- Apriandi, N., Suwarti, Widyaningsih, W. P., & Raharjanti, R. (2023). Hydraulic Retention Time dan Pengaruhnya terhadap Kualitas Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Digester Anaerobik Tipe Batch Skala Kecil. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 12(1), 166–176. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i1.57310>
- Arista, N. I. D. (2024). *Karakteristik limbah pertanian dan dampaknya : Mengapa pengelolaan ramah lingkungan penting ?* 1(2), 67–76.
- Awulu, J. O., Omale, P. A., & Ameh, J. A. (2018). Comparative analysis of calorific values of selected agricultural wastes. *Nigerian Journal of Technology*, 37(4), 1141. <https://doi.org/10.4314/njt.v37i4.38>
- Balasuriya, B. T. G., Ghose, A., Gheewala, S. H., & Prapasongsa, T. (2022). Assessment of eutrophication potential from fertiliser application in agricultural systems in Thailand. *Science of the Total Environment*, 833(March), 154993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154993>
- Box, G. E. P., & Wilson, K. B. (1951). On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. *Journal of the Royal Statistical Society*, XIII(1). <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1951.tb00067.x>
- BPS Indonesia, S. I. (2023). Catalog : 1101001. *Statistik Indonesia 2023*, 1101001, 790.

<https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>

- Bukhtiarova, A., Hayriyan, A., Chentsov, V., & Sokol, S. (2019). Modeling the impact assessment of agricultural sector on economic development as a basis for the country's investment potential. *Investment Management and Financial Innovations*, 16(3), 229–240. [https://doi.org/10.21511/imfi.16\(3\).2019.21](https://doi.org/10.21511/imfi.16(3).2019.21)
- Chukwuma, O. B., Rafatullah, M., Tajarudine, H. A., & Ismail, N. (2021). A review on bacterial contribution to lignocellulose breakdown into useful bio-products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18116001>
- Dewi, M. N., Visca, R., & Mustopa, A. (2018). Pengaruh Penambahan EM (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Makanan. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 25–38. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.3>
- Ermawati, Y., Yulistia, E., & Alamsyah, P. (2023). Prospek dan Potensi Biogas sebagai Energi Alternatif Menghadapi Krisis Energi Prospects and Potential of Biogas as Alternative Energy Facing the Energy Crisis. *UEEJ-Unbara Environmental Engineering Journal*, 03(02), 2723–5599.
- Garcês, A. P. J. T., Afonso, S. M. S., Chilundo, A., & Jairoce, C. T. S. (2013). Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 49(2), 369–374. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1202-7>
- Gunawan, A., Cornelia, A., Nugroho, B. M. B., Hastiawan, I. F., Tolanda, I., Leunupun, M. S., Budisusanto, P. K., Christy, R. T. A., Asri, T. A. M., Johana, W., Adipratama, Y. W., & Andika, I. P. (2022). Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Pupuk Organik untuk Mendukung Pengembangan Sektor Pertanian dan Perkebunan Desa Segoroyoso. *Jurnal Atma Inovasia*, 2(4), 382–386. <https://doi.org/10.24002/jai.v2i4.5216>
- Hakim, A. Z. A. (2021). Laporan kerja praktek pengolahan limbah pome menjadi

- pembangkit listrik tenaga biogas (pltbg) di pabrik kelapa sawit pt.agro muko palm oil. *Skripsi Universitas Medan Area*.
<https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/18604>
- Haryanto, A., Okfrianas, R., & Rahmawati, W. (2019). Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 47. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.41125>
- Haryanto, A., Oktafri, Triyono, S., & Zulyantoro, M. R. (2019). Pengaruh Komposisi Substrat Campuran Kotoran Sapi Dan Jerami Padi Terhadap Produktivitas Biogas Pada Digester Semi Kontinyu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(1), 116–125. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.105>
- Hendriks, A. T. W. M., & Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.05.027>
- Innayah, A., Mustofa, Z., & Mukminin, A. (2023). UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN SISWA MELALUI PROGRAM KELAS KETERAMPILAN TKR (TATA KECANTIKAN KULIT DAN RAMBUT) DAN TOKR (TEKNIK OTOMOTIF DAN KENDARAAN RINGAN) DI MAN 2 NGAWI. *Jurnal Tawadhu*, 7(1), 24–32.
- Iqbal, M., Sylvia, N., Dewi, R., & Za, N. (2024). *Produksi Biogas Dari Sampah Organik Dengan Tambahan Air Kelapa Tua Menggunakan Bio-Digester Sebagai Energi Alternatif*. 00004. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/sntk.v4.2024>
- Irfan, A., Harkaneri, H., Rimet, R., & Febria, D. (2023). Memajukan Ekonomi melalui Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi di Desa Makmur Sejahtera (Advancing the Economy through Utilizing Biogas from Cow Manure in Makmur Sejahtera Village). *Yumary: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(1), 125–136.
- Isnaniah, Randu, A. P., Zahlan, A., Fulisian, C., Anugerah, C. Z., Ahmad, F., & Febrina Sari. (2023). Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Pupuk Organik Cair Pendukung Pengembangan Sektor Pertanian Desa Labuhbaru Barat. *ABDIMAS*

- EKODIKSOSIORA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Ekonomi, Pendidikan, dan Sosial Humaniora* (e-ISSN: 2809-3917), 3(1), 28–37.
<https://doi.org/10.37859/abdimasekodiksosiora.v3i1.4909>
- Jayawickrama, K., Ruparathna, R., Seth, R., Biswas, N., Hafez, H., & Tam, E. (2024). Challenges and Issues of Life Cycle Assessment of *Anaerobic digestion* of Organic Waste. *Environments - MDPI*, 11(10), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/environments11100217>
- Kartika, D. (2016). *PENINGKATAN KETERSEDIAAN FOSFOR (P) DALAM TANAH AKIBAT PENAMBAHAN ARANG SEKAM PADI DAN ANALISISNYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI*.
- Kavisa, G. H., Sari, N., Matin, H. H. A., & Budiyo. (2020). *The Effect of C / N Ratio and Pretreatment in Making Biogas from Tea Waste and Cow Manure in Liquid State Anaerobic*. 8(1), 1–7.
- Khaerunnisa, G., & Rahmawati, I. (2013). Pengaruh Ph dan Rasio Cod:N Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 1–7. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki>
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206(May 2021), 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Kurniawati, M. W., Putri, A. N. R., & Ivana, C. F. (2021). Pemanfaatan Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Terbarukan Vegetable Waste And Cow Dung Utilization As a Renewable Energy Source. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 3(2), 74–80.
<https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jppl>
- Li, Y., Park, S. Y., & Zhu, J. (2011). Solid-state *anaerobic digestion* for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.042>
- Mahardika, C. B. D. P., Djunina, H., & Hadisutanto, B. (2021). Pengaruh Berbagai Bahan Litter Terhadap Performa Ayam Ras Pedaging dan Kualitas Litter. *Jurnal*

- Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 21(1), 10–17.
<https://doi.org/10.24198/jit.v21i1.30874>
- Megawati, & Aji, K. W. (2014). PENGARUH PENAMBAHAN EM4 (Effective Microorganism-4) PADA PEMBUATAN BIOGAS DARI ECENG GONDOK DAN RUMEN SAPI. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2).
<https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>
- Mignogna, D., Ceci, P., Cafaro, C., Corazzi, G., & Avino, P. (2023). Production of Biogas and Biomethane as Renewable Energy Sources: A Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810219>
- Mudhoo, A. (2012). *Biogas Production Pretreatment Methods in Anaerobic digestion*.
- Munfariz, R., Marina, I., & Sumantri, K. (2022). Bahan Tanam Di Polybag Farmer ' S Response To the Utilization of Rice Husk Waste Into Briquettes. *Journal Of Sustainable Agribusiness*, 01(02), 61–67.
- Munkar, G., Syafrudin, & Nugraha, W. D. (2017). Pengaruh C/N Ratio Pada Produksi Biogas Dari Daun Eceng Gondok Dengan Metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-Ad). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–8.
- Natalyn, F., Nugraha, W. D., & Syafrudin. (2017). STUDI PENGARUH METODE L-AD (*LIQUID ANAEROBIC DIGESTION*) DAN SS- AD (*SOLID-STATE ANAEROBIC DIGESTION*) TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DAUN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–10.
- Naufala, W. A., & Pandebesie, E. S. (2015). Hidrolisis Eceng Gondok dan Sekam Padi untuk Menghasilkan Gula Reduksi sebagai Tahap Awal Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknis Its*, 4(2), 2–6.
- Ndraha, N. (2010). Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan. *Universitas Stuttgart, February*.
- Ngan, N. V. C., Chan, F. M. S., Nam, T. S., Van Thao, H., Maguyon-Detras, M. C., Hung, D. V., Cuong, D. M., & Van Hung, N. (2020). *Anaerobic digestion of Rice Straw for Biogas Production BT - Sustainable Rice Straw Management*.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_5

- Njoku, C. N., & Otisi, S. K. (2023). Application of Central Composite Design with Design Expert v13 in Process Optimization. In *Response Surface Methodology - Research Advances and Applications* (hal. 1–33). https://doi.org/DOI:10.1007/978-3-030-32373-8_5
<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.109704>
- Novia, Wijaya, D., & Yanti, P. (2017). PENGARUH WAKTU DELIGNIFIKASI TERHADAP LIGNIN DAN WAKTU SSF TERHADAP ETANOL PEMBUATAN BIOETANOL DARI SEKAM PADI. *Teknik Kimia*, 23(1), 19–27.
- Nugraha, W. D., Syafrudin, Senduk, A. T., Matin, H. H. A., & Budiyo. (2018). Optimization of Biogas Production by Solid State *Anaerobic digestion* (SS-AD) Method from Water Hyacinth with Response Surface Methodology (RSM). *E3S Web of Conferences*, 73, 0–4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187301016>
- Oktaviana, M. D., & Fatah, M. R. A. (2021). Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Sebagai Pakan Ternak Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) di Kampung Cikoneng Desa Cibiru Wetan. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, I(83), 63–68.
- Olatunji, K. O., Ahmed, N. A., & Ogunkunle, O. (2021). Optimization of biogas yield from lignocellulosic materials with different pretreatment methods: a review. *Biotechnology for Biofuels*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02012-x>
- Osman, A. I., Mehta, N., Elgarahy, A. M., Al-Hinai, A., Al-Muhtaseb, A. H., & Rooney, D. W. (2021). Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 19). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01273-0>
- Pitri, L., & Irdawati. (2021). Identifikasi Bakteri Pada Biogas Campuran Kotoran Kerbau Dengan Limbah Daun Bawang Merah (*Allium Cepa L*). *Prosiding Semnas Bio 2021 - Inovasi Riset Biologi dalam Pendidikan dan Pengembangan Sumber Daya Lokal*, 1605–1610.
- Pramana, A., Razak, A. R., & Prismawiryanti. (2016). Hidrolisis selulosa dari sekam

- padi (*Oryza sativa*) MENJADI GLUKOSA DENGAN KATALIS ARANG TERSULFONASI. *Kovalen*, 2(3), 61–66.
- Prasetyo, A. F., Purwoto, & Suryadi, U. (2021). Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Pupuk Organik Di Kabupaten Jember. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Peternakan*, 6(2), 192–201. <https://doi.org/10.35726/jpmp.v6i2.557>
- Prastyo, E., Asminah, N., & Mulyani, Y. (2024). Peningkatan Kecepatan Start up dan Kemurnian Metana Dalam Pengolahan Limbah Organik Cair Menggunakan Rraktor Fixed Terimobilisasi Karbon Aktif. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(2), 90–101. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.23090>
- Prihatiningtyas, S., Sholihah, F. N., & Nugroho, M. W. (2019). *Biodigester untuk Biogas* (I. A. Putra & Sujono (ed.); Pertama).
- Primadita, D. S., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2020). A Review on Biomass for Electricity Generation in Indonesia. *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.24843/jeei.2020.v04.i01.p01>
- Rahmiati, F., Amin, G., & German, E. (2019). Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(2), 1–2.
- Risberg, K., Sun, L., Levén, L., Horn, S. J., & Schnürer, A. (2013). Biogas production from wheat straw and manure - Impact of pretreatment and process operating parameters. *Bioresource Technology*, 149, 232–237. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.054>
- Romansah, F. (2020). Law Enforcement Against Pollution of Beef Cattle Livestock Waste. *Administrative and Environmental Law Review*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.25041/aclr.v1i1.2081>
- Roos, E., Sundberg, C., & Hansson, P.-A. (2014). Carbon Footprint of Food Products. In *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors* (Vol. 1). https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_4
- Sahir, S. H. (2022). *Metodologi Penelitian* (T. Koryati (ed.); I). PENERBIT KBM INDONESIA.

- Santo, R. F., Siti, N., & Rochiyat. (2010). *Potensi Sekam Sebagai Bahan Alternatif yang Dapat Dipakai Berulang-ulang*. 1–5.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/44093>
- Santoso, N. I., & Nrp, K. I. N. F. (2024). *DALAM MENDUKUNG GREEN ECONOMY GUNA MEWUJUDKAN KETAHANAN ENERGI NASIONAL Oleh :*
- Saputri, E. S., Syafrudin, & Nugraha, W. D. (2017). Studi Pengaruh Metode L-AD dan SS-AD terhadap Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–9. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
- Satlewal, A., Agrawal, R., Bhagia, S., Das, P., & Ragauskas, A. J. (2018). Rice straw as a feedstock for biofuels: Availability, recalcitrance, and chemical properties. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12(1), 83–107.
<https://doi.org/10.1002/bbb.1818>
- Sauli, M. (2022). *Pengaruh Media Tanam Sekam Padi dan Pupuk Kandang Ayam Pedaging terhadap Perkecambahan Benih Awal Pembibitan Tanaman Kelengkeng (Dimocarpus longan Lour)*.
- Sivaraos, Milkey, K. R., Samsudin, A. R., Dubey, A. K., & Kidd, P. (2014). *Comparison between Taguchi Method and Response Surface Methodology (RSM) in Modelling CO2 Laser Machining*. 8(1), 35–42.
- Soeprijanto, Suprpto, Hari, D., Puspita, N. F., Pudjiastuti, L., Setiawan, B., T, W. E., Ferdiansyah, A., H, N., & Anzip, A. (2017). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumptut Kabupaten Bojonegoro. *Sewagati*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v1i1.2984>
- Surdianto, Y., Sutrisna, N., Basuno, & Solihin. (2015). Cara Embuat Arang Sekam Padi. In *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat*.
- Taherzadeh, M. J., & Vrije, K. K. (2008). Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 9, Nomor 9). <https://doi.org/10.3390/ijms9091621>
- Tengker, Y., Mangindaan, G. M. C., & Rumbayan, M. (2022). Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Di Universitas Sam Ratulangi.

Repository Unsrat, 1–11.

- UGM, F. (2017). *Potensi Ekonomi Kotoran Sapi Rp 64,3 Triliun/Tahun*. Fakultas Peternakan UGM. <https://fapet.ugm.ac.id/potensi-ekonomi-kotoran-sapi-rp-643-triliuntahun/>
- Veza, I., Spraggon, M., Fattah, I. M. R., & Idris, M. (2023). Response surface methodology (RSM) for optimizing engine performance and emissions fueled with biofuel : Review of RSM for sustainability energy transition. *Results in Engineering*, 18(March), 101213. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101213>
- Wang, W., Wu, X., Chen, A., Xie, X., Wang, Y., & Yin, C. (2016). Mitigating effects of ex situ application of rice straw on CH₄ and N₂O emissions from paddy-upland coexisting system. *Scientific Reports*, 6(October), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep37402>
- Wibowo, H. S., & Sidqi, K. Z. T. (2023). Literasi Energi Terbarukan bagi Pertanian (Studi Kasus Biodigester untuk Pupuk Organik Ramah Lingkungan). *Literasiana: Jurnal Literasi Informasi Perpustakaan*, 1, 1–15.
- Word, L. E., & Adipu, Y. (2024). Kualitas Pakan Pelet Ikan Dari Limbah Ternak. *Gorontalo Fisheries Journal*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.32662/gfj.v6i1.3316>
- Wulandari, F. T., Ningsih, R. V., Sari, D. P., & Webliana, K. (2023). Pelatihan Pembuatan Biobriket Dari Limbah Biomassa Sekam Padi Kelompok Wanita Tani Subur Desa Gondang Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(4), 1070–1078. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmpi/article/view/5940>
- Xia, R., Zhang, Y., Critto, A., Wu, J., Fan, J., Zheng, Z., & Zhang, Y. (2016). The potential impacts of climate change factors on freshwater eutrophication: Implications for research and countermeasures of water management in China. *Sustainability (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/su8030229>
- Zulhelmi, Yaman, M. A., & Fitri, C. A. (2016). Pemanfaatan Limbah Feses Sapi sebagai Pembuatan Pakan Pelet terhadap Pertambahan Berat Badan Ikan Lele Dumbo. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 1(1), 746–757.

<https://doi.org/10.17969/jimfp.v1i1.1192>

- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2018). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan Di Indonesia. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 2(3), 865–884.
- Agustin, A. W., Sudarti, & Yushardi. (2023). Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(6), 1109–1116. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i6.2841>
- Amrillah, Z., Hanum, F. F., & Rahayu, A. (2022). Studi Efektivitas Metode Ekstraksi Selulosa dari Agricultural Waste. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 8. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit%0AE-ISSN:2745-6080>
- Anshar, M., & Ani, F. N. (2015). Electrical energy potential of rice husk as fuel for power generation in Indonesia. *MUCET 2015, October*.
- Apriandi, N., Suwarti, Widyaningsih, W. P., & Raharjanti, R. (2023). Hydraulic Retention Time dan Pengaruhnya terhadap Kualitas Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Digester Anaerobik Tipe Batch Skala Kecil. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 12(1), 166–176. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i1.57310>
- Arista, N. I. D. (2024). *Karakteristik limbah pertanian dan dampaknya : Mengapa pengelolaan ramah lingkungan penting ?* 1(2), 67–76.
- Awulu, J. O., Omale, P. A., & Ameh, J. A. (2018). Comparative analysis of calorific values of selected agricultural wastes. *Nigerian Journal of Technology*, 37(4), 1141. <https://doi.org/10.4314/njt.v37i4.38>
- Balasuriya, B. T. G., Ghose, A., Gheewala, S. H., & Prapasongsa, T. (2022). Assessment of eutrophication potential from fertiliser application in agricultural systems in Thailand. *Science of the Total Environment*, 833(March), 154993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154993>
- Box, G. E. P., & Wilson, K. B. (1951). On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. *Journal of the Royal Statistical Society*, XIII(1). <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1951.tb00067.x>

- BPS Indonesia, S. I. (2023). Catalog : 1101001. *Statistik Indonesia 2023*, 1101001, 790. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- Bukhtiarova, A., Hayriyan, A., Chentsov, V., & Sokol, S. (2019). Modeling the impact assessment of agricultural sector on economic development as a basis for the country's investment potential. *Investment Management and Financial Innovations*, 16(3), 229–240. [https://doi.org/10.21511/imfi.16\(3\).2019.21](https://doi.org/10.21511/imfi.16(3).2019.21)
- Chukwuma, O. B., Rafatullah, M., Tajarudine, H. A., & Ismail, N. (2021). A review on bacterial contribution to lignocellulose breakdown into useful bio-products. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18116001>
- Dewi, M. N., Visca, R., & Mustopa, A. (2018). Pengaruh Penambahan EM (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Makanan. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 25–38. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.3>
- Ermawati, Y., Yulistia, E., & Alamsyah, P. (2023). Prospek dan Potensi Biogas sebagai Energi Alternatif Menghadapi Krisis Energi Prospects and Potential of Biogas as Alternative Energy Facing the Energy Crisis. *UEEJ-Unbara Environmental Engineering Journal*, 03(02), 2723–5599.
- Garcês, A. P. J. T., Afonso, S. M. S., Chilundo, A., & Jairoce, C. T. S. (2013). Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 49(2), 369–374. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1202-7>
- Gunawan, A., Cornelia, A., Nugroho, B. M. B., Hastiawan, I. F., Tolanda, I., Leunupun, M. S., Budisusanto, P. K., Christy, R. T. A., Asri, T. A. M., Johana, W., Adipratama, Y. W., & Andika, I. P. (2022). Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Pupuk Organik untuk Mendukung Pengembangan Sektor Pertanian dan Perkebunan Desa Segoroyoso. *Jurnal Atma Inovasia*, 2(4), 382–386. <https://doi.org/10.24002/jai.v2i4.5216>

- Hakim, A. Z. A. (2021). Laporan kerja praktek pengolahan limbah pome menjadi pembangkit listrik tenaga biogas (pltbg) di pabrik kelapa sawit pt.agro muko palm oil. *Skripsi Universitas Medan Area*.
<https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/18604>
- Haryanto, A., Okfrianas, R., & Rahmawati, W. (2019). Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 47. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.41125>
- Haryanto, A., Oktafri, Triyono, S., & Zulyantoro, M. R. (2019). Pengaruh Komposisi Substrat Campuran Kotoran Sapi Dan Jerami Padi Terhadap Produktivitas Biogas Pada Digester Semi Kontinyu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(1), 116–125. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i1.105>
- Hendriks, A. T. W. M., & Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 100(1), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.05.027>
- Innayah, A., Mustofa, Z., & Mukminin, A. (2023). UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN SISWA MELALUI PROGRAM KELAS KETERAMPILAN TKR (TATA KECANTIKAN KULIT DAN RAMBUT) DAN TOKR (TEKNIK OTOMOTIF DAN KENDARAAN RINGAN) DI MAN 2 NGAWI. *Jurnal Tawadhu*, 7(1), 24–32.
- Iqbal, M., Sylvia, N., Dewi, R., & Za, N. (2024). *Produksi Biogas Dari Sampah Organik Dengan Tambahan Air Kelapa Tua Menggunakan Bio-Digester Sebagai Energi Alternatif*. 00004. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/sntk.v4.2024>
- Irfan, A., Harkaneri, H., Rimet, R., & Febria, D. (2023). Memajukan Ekonomi melalui Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi di Desa Makmur Sejahtera (Advancing the Economy through Utilizing Biogas from Cow Manure in Makmur Sejahtera Village). *Yumary: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(1), 125–136.
- Isnaniah, Randu, A. P., Zahlan, A., Fulisian, C., Anugerah, C. Z., Ahmad, F., & Febrina Sari. (2023). Pemanfaatan Limbah Ternak Sebagai Pupuk Organik Cair

- Pendukung Pengembangan Sektor Pertanian Desa Labuhbaru Barat. *ABDIMAS EKODIKSOSIORA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Ekonomi, Pendidikan, dan Sosial Humaniora* (e-ISSN: 2809-3917), 3(1), 28–37. <https://doi.org/10.37859/abdimasekodiksosiora.v3i1.4909>
- Jayawickrama, K., Ruparathna, R., Seth, R., Biswas, N., Hafez, H., & Tam, E. (2024). Challenges and Issues of Life Cycle Assessment of *Anaerobic digestion* of Organic Waste. *Environments - MDPI*, 11(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/environments11100217>
- Kartika, D. (2016). *PENINGKATAN KETERSEDIAAN FOSFOR (P) DALAM TANAH AKIBAT PENAMBAHAN ARANG SEKAM PADI DAN ANALISISNYA SECARA SPEKTROFOTOMETRI*.
- Kavisa, G. H., Sari, N., Matin, H. H. A., & Budiyo. (2020). *The Effect of C / N Ratio and Pretreatment in Making Biogas from Tea Waste and Cow Manure in Liquid State Anaerobic*. 8(1), 1–7.
- Khaerunnisa, G., & Rahmawati, I. (2013). Pengaruh Ph dan Rasio Cod:N Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 1–7. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki>
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206(May 2021), 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Kurniawati, M. W., Putri, A. N. R., & Ivana, C. F. (2021). Pemanfaatan Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Terbarukan Vegetable Waste And Cow Dung Utilization As a Renewable Energy Source. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 3(2), 74–80. <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jppl>
- Li, Y., Park, S. Y., & Zhu, J. (2011). Solid-state *anaerobic digestion* for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 821–826. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.042>
- Mahardika, C. B. D. P., Djunina, H., & Hadisutanto, B. (2021). Pengaruh Berbagai

- Bahan Litter Terhadap Performa Ayam Ras Pedaging dan Kualitas Litter. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 21(1), 10–17. <https://doi.org/10.24198/jit.v21i1.30874>
- Megawati, & Aji, K. W. (2014). PENGARUH PENAMBAHAN EM4 (Effective Microorganism-4) PADA PEMBUATAN BIOGAS DARI ECENG GONDOK DAN RUMEN SAPI. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3696>
- Mignogna, D., Ceci, P., Cafaro, C., Corazzi, G., & Avino, P. (2023). Production of Biogas and Biomethane as Renewable Energy Sources: A Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810219>
- Mudhoo, A. (2012). *Biogas Production Pretreatment Methods in Anaerobic digestion*.
- Munfariz, R., Marina, I., & Sumantri, K. (2022). Bahan Tanam Di Polybag Farmer ' S Response To the Utilization of Rice Husk Waste Into Briquettes. *Journal Of Sustainable Agribusiness*, 01(02), 61–67.
- Munkar, G., Syafrudin, & Nugraha, W. D. (2017). Pengaruh C/N Ratio Pada Produksi Biogas Dari Daun Eceng Gondok Dengan Metode *Liquid Anaerobic digestion* (L-Ad). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–8.
- Natalyn, F., Nugraha, W. D., & Syafrudin. (2017). STUDI PENGARUH METODE L-AD (*LIQUID ANAEROBIC DIGESTION*) DAN SS- AD (*SOLID-STATE ANAEROBIC DIGESTION*) TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DAUN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–10.
- Naufala, W. A., & Pandebesie, E. S. (2015). Hidrolisis Eceng Gondok dan Sekam Padi untuk Menghasilkan Gula Reduksi sebagai Tahap Awal Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknis Its*, 4(2), 2–6.
- Ndraha, N. (2010). Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan. *Universitas Stuttgart, February*.
- Ngan, N. V. C., Chan, F. M. S., Nam, T. S., Van Thao, H., Maguyon-Detras, M. C., Hung, D. V., Cuong, D. M., & Van Hung, N. (2020). *Anaerobic digestion of Rice*

- Straw for Biogas Production BT - Sustainable Rice Straw Management*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_5
- Njoku, C. N., & Otisi, S. K. (2023). Application of Central Composite Design with Design Expert v13 in Process Optimization. In *Response Surface Methodology - Research Advances and Applications* (hal. 1–33). <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.109704>
- Novia, Wijaya, D., & Yanti, P. (2017). PENGARUH WAKTU DELIGNIFIKASI TERHADAP LIGNIN DAN WAKTU SSF TERHADAP ETANOL PEMBUATAN BIOETANOL DARI SEKAM PADI. *Teknik Kimia*, 23(1), 19–27.
- Nugraha, W. D., Syafrudin, Senduk, A. T., Matin, H. H. A., & Budiyo. (2018). Optimization of Biogas Production by Solid State *Anaerobic digestion* (SS-AD) Method from Water Hyacinth with Response Surface Methodology (RSM). *E3S Web of Conferences*, 73, 0–4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187301016>
- Oktaviana, M. D., & Fatah, M. R. A. (2021). Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Sebagai Pakan Ternak Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) di Kampung Cikoneng Desa Cibiru Wetan. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, I(83), 63–68.
- Olatunji, K. O., Ahmed, N. A., & Ogunkunle, O. (2021). Optimization of biogas yield from lignocellulosic materials with different pretreatment methods: a review. *Biotechnology for Biofuels*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02012-x>
- Osman, A. I., Mehta, N., Elgarahy, A. M., Al-Hinai, A., Al-Muhtaseb, A. H., & Rooney, D. W. (2021). Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 19). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01273-0>
- Pitri, L., & Irdawati. (2021). Identifikasi Bakteri Pada Biogas Campuran Kotoran Kerbau Dengan Limbah Daun Bawang Merah (*Allium Cepa L*). *Prosiding Semnas Bio 2021 - Inovasi Riset Biologi dalam Pendidikan dan Pengembangan Sumber Daya Lokal*, 1605–1610.

- Pramana, A., Razak, A. R., & Prismawiryanti. (2016). Hidrolisis selulosa dari sekam padi (*Oryza sativa*) MENJADI GLUKOSA DENGAN KATALIS ARANG TERSULFONASI. *Kovalen*, 2(3), 61–66.
- Prasetyo, A. F., Purwoto, & Suryadi, U. (2021). Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Pupuk Organik Di Kabupaten Jember. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Peternakan*, 6(2), 192–201. <https://doi.org/10.35726/jpmp.v6i2.557>
- Prastyo, E., Asminah, N., & Mulyani, Y. (2024). Peningkatan Kecepatan Start up dan Kemurnian Metana Dalam Pengolahan Limbah Organik Cair Menggunakan Rraktor Fixed Terimobilisasi Karbon Aktif. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(2), 90–101. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.23090>
- Prihatiningtyas, S., Sholihah, F. N., & Nugroho, M. W. (2019). *Biodigester untuk Biogas* (I. A. Putra & Sujono (ed.); Pertama).
- Primadita, D. S., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2020). A Review on Biomass for Electricity Generation in Indonesia. *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.24843/jeei.2020.v04.i01.p01>
- Rahmiati, F., Amin, G., & German, E. (2019). Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(2), 1–2.
- Risberg, K., Sun, L., Levén, L., Horn, S. J., & Schnürer, A. (2013). Biogas production from wheat straw and manure - Impact of pretreatment and process operating parameters. *Bioresource Technology*, 149, 232–237. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.054>
- Romansah, F. (2020). Law Enforcement Against Pollution of Beef Cattle Livestock Waste. *Administrative and Environmental Law Review*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.25041/aclr.v1i1.2081>
- Roos, E., Sundberg, C., & Hansson, P.-A. (2014). Carbon Footprint of Food Products. In *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors* (Vol. 1). https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_4
- Sahir, S. H. (2022). *Metodologi Penelitian* (T. Koryati (ed.); I). PENERBIT KBM

INDONESIA.

- Santo, R. F., Siti, N., & Rochiyat. (2010). *Potensi Sekam Sebagai Bahan Alternatif yang Dapat Dipakai Berulang-ulang*. 1–5.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/44093>
- Santoso, N. I., & Nrp, K. I. N. F. (2024). *DALAM MENDUKUNG GREEN ECONOMY GUNA MEWUJUDKAN KETAHANAN ENERGI NASIONAL Oleh :*
- Saputri, E. S., Syafrudin, & Nugraha, W. D. (2017). Studi Pengaruh Metode L-AD dan SS-AD terhadap Produksi Biogas dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–9. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
- Satlewal, A., Agrawal, R., Bhagia, S., Das, P., & Ragauskas, A. J. (2018). Rice straw as a feedstock for biofuels: Availability, recalcitrance, and chemical properties. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12(1), 83–107.
<https://doi.org/10.1002/bbb.1818>
- Sauli, M. (2022). *Pengaruh Media Tanam Sekam Padi dan Pupuk Kandang Ayam Pedaging terhadap Perkecambahan Benih Awal Pembibitan Tanaman Kelengkeng (Dimocarpus longan Lour)*.
- Sivaraos, Milkey, K. R., Samsudin, A. R., Dubey, A. K., & Kidd, P. (2014). *Comparison between Taguchi Method and Response Surface Methodology (RSM) in Modelling CO2 Laser Machining*. 8(1), 35–42.
- Soeprijanto, Suprpto, Hari, D., Puspita, N. F., Pudjiastuti, L., Setiawan, B., T, W. E., Ferdiansyah, A., H, N., & Anzip, A. (2017). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumput Kabupaten Bojonegoro. *Sewagati*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v1i1.2984>
- Surdianto, Y., Sutrisna, N., Basuno, & Solihin. (2015). Cara Embuat Arang Sekam Padi. In *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat*.
- Taherzadeh, M. J., & Vrije, K. K. (2008). Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 9, Nomor 9). <https://doi.org/10.3390/ijms9091621>
- Tengker, Y., Mangindaan, G. M. C., & Rumbayan, M. (2022). Potensi Pengembangan

- Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Di Universitas Sam Ratulangi. *Repository Unsrat*, 1–11.
- UGM, F. (2017). *Potensi Ekonomi Kotoran Sapi Rp 64,3 Triliun/Tahun*. Fakultas Peternakan UGM. <https://fapet.ugm.ac.id/potensi-ekonomi-kotoran-sapi-rp-643-triliuntahun/>
- Veza, I., Spraggon, M., Fattah, I. M. R., & Idris, M. (2023). Response surface methodology (RSM) for optimizing engine performance and emissions fueled with biofuel : Review of RSM for sustainability energy transition. *Results in Engineering*, 18(March), 101213. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101213>
- Wang, W., Wu, X., Chen, A., Xie, X., Wang, Y., & Yin, C. (2016). Mitigating effects of ex situ application of rice straw on CH₄ and N₂O emissions from paddy-upland coexisting system. *Scientific Reports*, 6(October), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep37402>
- Wibowo, H. S., & Sidqi, K. Z. T. (2023). Literasi Energi Terbarukan bagi Pertanian (Studi Kasus Biodigester untuk Pupuk Organik Ramah Lingkungan). *Literasiana: Jurnal Literasi Informasi Perpustakaan*, 1, 1–15.
- Word, L. E., & Adipu, Y. (2024). Kualitas Pakan Pelet Ikan Dari Limbah Ternak. *Gorontalo Fisheries Journal*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.32662/gfj.v6i1.3316>
- Wulandari, F. T., Ningsih, R. V., Sari, D. P., & Webliana, K. (2023). Pelatihan Pembuatan Biobriket Dari Limbah Biomassa Sekam Padi Kelompok Wanita Tani Subur Desa Gondang Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 6(4), 1070–1078. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jpmpi/article/view/5940>
- Xia, R., Zhang, Y., Critto, A., Wu, J., Fan, J., Zheng, Z., & Zhang, Y. (2016). The potential impacts of climate change factors on freshwater eutrophication: Implications for research and countermeasures of water management in China. *Sustainability (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/su8030229>
- Zulhelmi, Yaman, M. A., & Fitri, C. A. (2016). Pemanfaatan Limbah Feses Sapi sebagai Pembuatan Pakan Pelet terhadap Pertambahan Berat Badan Ikan Lele

Dumbo. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 1(1), 746–757.
<https://doi.org/10.17969/jimfp.v1i1.1192>