



Kesenjangan Kesiapan Petani terhadap Teknologi Biogas Tongkol Jagung: Tinjauan Pengetahuan, Sikap, Keterampilan, dan Harapan

Farmers' Readiness Gap for Corn Cob Biogas Technology: A Review of Knowledge, Attitudes, Skills, and Expectations

Sri Adelila Sari^{1*}, Nur Basuki², Amrizal³, Ali Fikri Hasibuan⁴, Hanisah Hasibuan⁵,
Feri Yuni Asiyah Kabeakan⁶, Rani Febriana⁷, Elena Hasian Sitompul⁸, Ribka Eliada
Sitorus⁹, Deby Febriyanti¹⁰

¹⁻¹⁰ Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Alamat: Jl. Willem Iskandar Psr V, Medan, Sumatera Utara

Korespondensi penulis: sriadelilasari@gmail.com

Article History:

Received: Mei 12, 2025;

Revised: Mei 27, 2025;

Accepted: Juni 11, 2025;

Published: Juni 13, 2025

Keywords: Attitude, Biogas,
Expectations, Knowledge, Skills

Abstract: Corn cob waste poses a potential environmental problem and is an underutilized resource. Converting corn cobs into biogas offers a dual solution: managing waste while providing a renewable energy source for farmers. This study was aimed to assess the knowledge, attitudes, skills, and expectations of corn farmers regarding the processing of corn cob waste into biogas. The research was conducted in Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat, using a descriptive survey method. A total of 40 corn farmers taken from several farmer groups in the village were selected as respondents. The instrument used was a closed questionnaire with a Likert scale comprising 5 items each to measure these four aspects (knowledge, attitudes, skills, expectations). Study findings indicated that farmers' knowledge, attitudes, and skills respectively showed low percentages, namely 27%, 35%, and 22%. These low levels constituted a significant barrier to the effective adoption and sustainability of the biogas program. On the other hand, all respondents (100%) expressed high optimism that the biogas program could improve their quality of life. This study reveals challenges in adopting corncob biogas technology, the gap between farmers' aspirations and implementation capacity. It recommends targeted socialization and training to enhance biogas adoption, environmental sustainability, farmers' welfare.

Abstrak

Limbah tongkol jagung menimbulkan potensi masalah lingkungan dan merupakan sumber daya yang belum dimanfaatkan secara optimal. Konversi tongkol jagung menjadi biogas menawarkan solusi ganda: mengelola limbah sekaligus menyediakan sumber energi terbarukan bagi petani. Studi ini bertujuan mengkaji pengetahuan, sikap, keterampilan, serta harapan petani jagung terkait pengolahan limbah tongkol jagung menjadi biogas. Penelitian dilaksanakan di Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat, dengan menggunakan metode survei deskriptif. Sebanyak 40 petani jagung yang diambil dari beberapa kelompok tani dijadikan responden. Alat ukur yang digunakan adalah kuesioner tertutup dengan skala Likert memuat masing-masing 5 item pertanyaan mengukur keempat aspek tersebut (pengetahuan, sikap, keterampilan, harapan). Temuan studi ini mengindikasikan bahwa pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani masing-masing menunjukkan persentase rendah, yaitu 27%, 35%, dan 22%. Tingkat yang rendah ini menjadi hambatan signifikan dalam adopsi efektif dan keberlanjutan program biogas. Di sisi lain, seluruh responden (100%) menyampaikan optimisme tinggi bahwa program biogas dapat meningkatkan kualitas hidup mereka. Temuan ini menunjukkan kesenjangan antara harapan petani dan kemampuan implementasi teknologi biogas dari tongkol jagung. Ini menjadi dasar penting bagi kebijakan dan program intervensi yang tepat sasaran untuk mendorong pemanfaatan biogas, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan petani. Oleh karena itu, disarankan adanya sosialisasi dan pelatihan intensif terkait produksi biogas tongkol jagung

Kata kunci: Biogas, Harapan, Keterampilan, Pengetahuan, Sikap

1. LATAR BELAKANG

Sektor pertanian memegang peranan vital dalam struktur ekonomi Indonesia, terutama di wilayah pedesaan. Di banyak daerah, termasuk di kabupaten Pakpak Bharat, produksi jagung merupakan salah satu komoditas unggulan yang menjadi sumber mata pencaharian utama bagi masyarakat petani. Peningkatan intensitas budidaya jagung untuk memenuhi kebutuhan pangan dan pakan secara nasional memang berhasil mendorong volume produksi. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa keberhasilan ini juga menciptakan tantangan baru yang signifikan terkait pengelolaan limbah biomassa pasca-panen. Salah satu komponen limbah terbesar adalah tongkol jagung, yaitu bagian silindris tempat menempelnya biji jagung (Rhofita, 2022).

Di Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat, karakteristik wilayah yang agraris dengan dominasi tanaman jagung menghasilkan volume limbah tongkol jagung yang melimpah ruah setiap musim panen. Data awal atau observasi di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar tongkol jagung ini belum dimanfaatkan secara optimal. Praktik yang umum dilakukan petani setempat adalah membiarkan tongkol menumpuk di lahan atau bahkan membakarnya secara langsung sebagai bagian dari proses pembersihan lahan untuk persiapan musim tanam berikutnya (Sari, et al., 2024). Tindakan pembakaran ini tidak hanya merupakan pemborosan sumber daya organik yang bernilai, tetapi yang lebih krusial, berkontribusi signifikan terhadap pencemaran udara lokal (kabut asap, partikulat) dan emisi gas rumah kaca, memperburuk kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitar (Dava, et al., 2025).

Tongkol jagung kaya akan selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Bello, et al., 2025). Namun, pemanfaatan tongkol jagung dalam proses pencernaan anaerobik (biogas) perlu mempertimbangkan karakteristik fisiknya. Tongkol jagung yang baru dipanen dapat memiliki kandungan kelembaban yang tinggi, yang dapat menyulitkan penyimpanan jangka panjang dan memerlukan pra-perlakuan spesifik agar optimal sebagai substrat biogas. Selain itu, tongkol jagung memiliki kerapatan curah yang relatif rendah, yang memengaruhi efisiensi transportasi dari lahan ke unit biogas dan kapasitas pengisian reaktor, sehingga berpotensi menambah biaya logistik. Memahami dan mengelola karakteristik ini menjadi kunci dalam mengoptimalkan produksi biogas dari limbah tongkol jagung (Dorofejute, et al., 2024).

Di sisi lain, masyarakat pedesaan di wilayah seperti Desa Maholida, tidak terkecuali para petani, masih bergulat dengan keterbatasan akses terhadap sumber energi yang terjangkau, bersih, dan berkelanjutan (Dwisari, et al., 2023). Ketergantungan pada bahan bakar konvensional seperti minyak tanah atau gas elpiji seringkali membebani secara ekonomi, terutama bagi keluarga petani dengan pendapatan tidak menentu (Ramandha, et al., 2025).

Selain itu, penggunaan biomassa tradisional (kayu bakar, limbah tanaman lain) untuk memasak masih umum dilakukan, yang menghasilkan asap tebal di dalam ruangan dan berdampak negatif pada kesehatan pernapasan jangka panjang (Indiyani, et al., 2022). Dalam konteks ganda antara melimpahnya limbah biomassa dan kebutuhan energi ini, teknologi biogas menawarkan solusi sinergis yang menjanjikan (Irawan, et al., 2020). Biogas adalah proses konversi anaerobik limbah organik menjadi biogas (sumber energi terbarukan kaya metana) yang dapat digunakan untuk memasak atau penerangan, serta digestate (lumpur sisa) yang merupakan pupuk organik berkualitas tinggi (Rezeki, et al., 2020). Secara potensial, tongkol jagung dapat menjadi substrat yang sangat relevan dan mudah diakses oleh petani di Desa Maholida untuk produksi biogas (Rakasiwi, et al., 2020). Meskipun potensi teknis biogas dari limbah pertanian sudah terbukti secara luas, tantangan terbesar seringkali terletak pada aspek non-teknis, yaitu adopsi dan keberlanjutan teknologi di tingkat pengguna akhir, dalam hal ini para petani jagung.

Kesiapan petani untuk mengadopsi inovasi teknologi seperti biogas sangat kompleks dan dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor, antara lain: tingkat pengetahuan mereka tentang apa itu biogas, cara kerjanya, manfaatnya, dan cara pemanfaatannya; sikap mereka terhadap teknologi baru, risiko yang terkait, dan kemauan untuk berubah dari praktik lama; serta keterampilan praktis yang dibutuhkan untuk membangun (jika swadaya), mengoperasikan sehari-hari (misal: memasukkan bahan, mengontrol aliran gas), dan memelihara sistem digester biogas. Di banyak kasus, program pengenalan biogas gagal atau tidak berkelanjutan bukan karena masalah teknis pada digester itu sendiri, melainkan karena kurangnya pemahaman, penolakan atau sikap skeptis (Sari, et al., 2024), serta ketiadaan keterampilan praktis di kalangan petani pengguna (Sari et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini secara spesifik memfokuskan perhatian pada petani jagung di Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada identifikasi awal potensi biomassa tongkol jagung yang signifikan serta karakteristik sosial-ekonomi masyarakat petaninya. Mengingat urgensi pengelolaan limbah pertanian yang berkelanjutan dan kebutuhan mendesak akan sumber energi terbarukan di tingkat rumah tangga pedesaan, menjadi sangat krusial untuk memahami secara mendalam sejauh mana tingkat "kesiapan"

petani di Desa Maholida ini dalam menerima dan mengimplementasikan teknologi biogas berbasis tongkol jagung. Studi ini bertujuan spesifik untuk mengidentifikasi dan menganalisis kesenjangan yang ada dalam aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan para petani terkait biogas tongkol jagung.

Selain itu, penelitian ini juga berupaya menggali harapan dan persepsi petani terhadap potensi manfaat serta kendala yang mereka antisipasi terkait implementasi teknologi ini. Dengan mendapatkan gambaran yang akurat mengenai kondisi kesiapan petani, temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar empiris yang kuat untuk merancang strategi sosialisasi, program pelatihan, dan pendekatan pendampingan yang lebih efektif, tepat sasaran, dan relevan dengan konteks lokal Desa Maholida, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan peluang keberhasilan adopsi dan keberlanjutan teknologi biogas tongkol jagung sebagai solusi ganda untuk masalah limbah dan energi di wilayah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Pemanfaatan limbah pertanian, khususnya tongkol jagung, sebagai sumber energi terbarukan melalui teknologi biogas menawarkan solusi ganda untuk masalah lingkungan dan kebutuhan energi pedesaan. Namun, adopsi dan keberlanjutan teknologi ini sangat bergantung pada kesiapan petani.

a) Pengetahuan Petani tentang Biogas Tongkol Jagung

Pengetahuan adalah fondasi bagi adopsi teknologi. Berbagai studi menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan petani yang rendah tentang potensi limbah pertanian, proses produksi biogas, manfaat ekonomi dan lingkungan, serta risiko dan mitigasinya, menjadi hambatan utama. Kurangnya informasi yang akurat dan mudah diakses seringkali menyebabkan petani enggan mencoba inovasi baru (Paramita, et al., 2024).

b) Sikap Petani terhadap Biogas Tongkol Jagung

Sikap petani terhadap teknologi biogas tongkol jagung mencerminkan persepsi mereka tentang manfaat dan tantangan. Sikap positif, yang didorong oleh keyakinan akan keuntungan ekonomi (penghematan biaya energi, pendapatan tambahan) dan lingkungan (pengurangan limbah, pupuk organik), cenderung mempercepat adopsi. Sebaliknya, sikap negatif seringkali muncul dari kekhawatiran tentang kompleksitas teknologi, biaya awal, dan kurangnya jaminan keberhasilan (Effendi, et al., 2024).

c) Keterampilan Petani dalam Produksi Biogas Tongkol Jagung

Keterampilan praktis adalah elemen penting untuk keberhasilan implementasi teknologi biogas. Petani memerlukan keterampilan dalam pengumpulan dan pra-perlakuan tongkol jagung, pencampuran substrat, pengoperasian digester, pemeliharaan sistem, serta penanganan dan pemanfaatan produk samping (slurry). Kurangnya pelatihan praktis dan bimbingan teknis menjadi kendala serius. Pelatihan yang efektif harus mencakup demonstrasi langsung, praktik di lapangan, dan kesempatan untuk bertanya dan memecahkan masalah. Keterampilan yang memadai tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi biogas tetapi juga membangun kepercayaan diri petani dalam mengelola sistem secara mandiri (Judijanto, 2025).

d) Harapan Petani terhadap Biogas Tongkol Jagung

Harapan petani terhadap teknologi biogas tongkol jagung adalah proyeksi mereka tentang hasil yang akan diperoleh dari adopsi. Harapan yang tinggi terhadap peningkatan kualitas hidup, penghematan biaya energi, dan peningkatan pendapatan dapat menjadi pendorong kuat untuk adopsi. Namun, jika harapan ini tidak realistis atau tidak didukung oleh pengetahuan dan keterampilan yang memadai, dapat menyebabkan kekecewaan dan pengabaian teknologi. Penting untuk mengelola harapan petani dengan memberikan informasi yang transparan dan realistis tentang potensi serta keterbatasan teknologi biogas. Meskipun demikian, harapan yang tinggi juga menunjukkan adanya motivasi internal yang kuat, yang jika diimbangi dengan dukungan eksternal yang memadai, dapat menjadi katalisator keberhasilan (Pertiwiningrum, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian survei deskriptif. Metode survei deskriptif dipilih untuk menggambarkan secara akurat karakteristik populasi target terkait dengan variabel pengetahuan, sikap, keterampilan, dan harapan terhadap teknologi biogas tongkol jagung. Penelitian dilaksanakan di Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat, Sumatera Utara, Indonesia. Pemilihan lokasi didasarkan pada identifikasi bahwa wilayah ini merupakan sentra pertanian jagung dengan produksi limbah tongkol jagung yang signifikan.

Sebanyak 121 petani jagung aktif di Desa Maholida. Mengingat keterbatasan sumber daya dan fokus pada pengumpulan informasi mendalam dari sampel terpilih yang relevan dengan tujuan penelitian, sampel sebanyak 40 petani jagung dipilih untuk penelitian ini.

Pemilihan sampel secara bertujuan (*purposive sampling*) ini tidak diarahkan untuk merepresentasikan populasi petani jagung secara statistik, melainkan untuk mendapatkan informasi yang relevan dari petani yang memenuhi kriteria penelitian.

Instrumen utama pengumpulan data adalah kuesioner terstruktur. Kuesioner ini mengukur empat aspek (pengetahuan, sikap, keterampilan, harapan) terkait teknologi biogas tongkol jagung, masing-masing terdiri dari 5 item pertanyaan menggunakan skala Likert 4 poin. Validitas isi kuesioner diuji melalui penilaian ahli sebanyak 3 ahli di bidang pertanian dan biogas guna memastikan kesesuaian butir pertanyaan dengan indikator yang diukur.

Reliabilitas instrumen dievaluasi melalui uji coba pada 30 petani di luar sampel utama, bertujuan melihat konsistensi internalnya. Hasil uji coba menunjukkan koefisien Cronbach's Alpha untuk setiap aspek berada pada rentang 0,78–0,92, mengindikasikan reliabilitas tinggi dan dapat diterima. Dengan demikian, instrumen kuesioner penelitian ini dinilai valid dan reliabel.

Klasifikasi tingkat pengetahuan, sikap, keterampilan, dan harapan (menjadi kategori rendah, sedang, dan tinggi) didasarkan pada kriteria persentase skor total, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kategorisasi Tingkat Pengetahuan, Sikap, Keterampilan, dan Harapan

| Aspek | Kategori | Persentase (%) | Keterangan |
|--------------|----------|----------------|---|
| Pengetahuan | Rendah | ≤ 40 | Pemahaman konsep dasar yang sangat terbatas. |
| | Sedang | 41 – 80 | Pemahaman cukup baik, namun belum mencakup semua aspek penting. |
| | Tinggi | > 80 | Pemahaman yang baik dan komprehensif tentang konsep dasar. |
| Sikap | Rendah | ≤ 40 | Sikap cenderung negatif, ragu, atau kurang mendukung. |
| | Sedang | 41 – 80 | Sikap cukup positif, menyadari manfaat tetapi mungkin masih ada keraguan. |
| | Tinggi | > 80 | Sikap sangat positif dan mendukung kuat adopsi teknologi. |
| Keterampilan | Rendah | ≤ 40 | Keterampilan praktis sangat minim atau tidak ada sama sekali. |
| | Sedang | 41 – 80 | Memiliki beberapa keterampilan dasar, tetapi memerlukan bimbingan. |
| | Tinggi | > 80 | Memiliki keterampilan yang memadai untuk mengoperasikan dan merawat secara mandiri. |
| Harapan | Rendah | ≤ 40 | Harapan atau optimisme terhadap manfaat program cenderung rendah atau ragu. |
| | Sedang | 41 – 80 | Harapan cukup tinggi, menyadari potensi manfaat. |

| | | | |
|--|--------|------|---|
| | Tinggi | > 80 | Harapan dan optimisme yang sangat tinggi terhadap dampak positif program. |
|--|--------|------|---|

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai tingkat pengetahuan, sikap, keterampilan, dan harapan petani jagung di Desa Maholida terkait dengan pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biogas.

1) Karakteristik Responden

Tabel 2 menyajikan ringkasan karakteristik demografi 40 responden petani jagung di Desa Maholida.

Tabel 2. Karakteristik Demografi Responden (N=40)

| Karakteristik | Kategori/Rata-rata | Persentase (%) |
|---------------------|--------------------|----------------|
| Usia | 18 -30 | 15 |
| | 31 - 45 | 52,5 |
| | 46 – 60 | 22,5 |
| | > 60 | 10 |
| Pendidikan terakhir | Tidak sekolah | 0 |
| | SD/SMP | 30 |
| | SMA/SMK | 57,5 |
| | Perguruan tinggi | 12,5 |
| Luas lahan | ≤ 0,5 hektar | 30 |
| | 0,5 – 1 hektar | 55 |
| | 1 – 2 hektar | 15 |
| | > 2 hektar | 0 |

Mayoritas responden berada dalam kelompok usia produktif (31-45 tahun, 52,5%) dan memiliki tingkat pendidikan menengah (SMA/SMK, 57,5%). Hal ini menunjukkan potensi yang baik untuk adopsi teknologi, karena petani dalam kelompok usia ini cenderung lebih terbuka terhadap inovasi baru (Goma, et al., 2021). Namun, tingkat pendidikan yang dominan menengah juga mengindikasikan perlunya strategi komunikasi yang jelas dan sederhana untuk menyampaikan informasi teknis tentang biogas.

2) Rekapitulasi dan Interpretasi Hasil Angket

Analisis kategorisasi responden menunjukkan bahwa sebagian besar petani berada dalam kategori rendah untuk aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan, sementara seluruh petani memiliki harapan tinggi. Rata-rata skor rekapitulasi untuk setiap aspek (lihat Tabel 3).

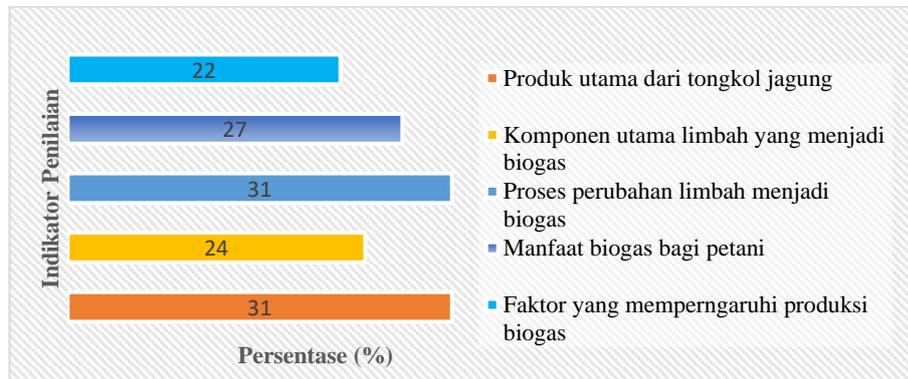
Tabel 3. Rata-rata Skor Rekapitulasi Hasil Angket

| No | Aspek | Indikator Pertanyaan | Skor (%) | Interpretasi | Rekapitulasi (%) | Kategori |
|----|--------------|--|----------|---|------------------|----------|
| 1. | Pengetahuan | Produk utama dari tongkol jagung | 31 | Beberapa mengetahui produk, namun sisanya belum paham | 27 | Rendah |
| | | Komponen utama limbah yang menjadi biogas | 24 | Beberapa sudah tahu, sisanya masih bingung | | |
| | | Proses perubahan limbah menjadi biogas | 31 | Beberapa memahami proses secara tepat | | |
| | | Manfaat biogas bagi petani | 27 | Pemahaman belum merata | | |
| | | Faktor yang mempengaruhi produksi biogas | 22 | Pengetahuan terbatas dan belum menyeluruh | | |
| 2. | Sikap | Pentingnya pemanfaatan biogas | 39 | Sikap mulai terbentuk, tetapi belum sepenuhnya kuat | 35 | Rendah |
| | | Kesediaan mengubah kebiasaan dalam mengelola limbah | 34 | Sikap positif mulai tumbuh | | |
| | | Pandangan terhadap teknologi biogas | 32 | Umumnya bersikap terbuka | | |
| | | Kepercayaan biogas tingkatkan kesejahteraan | 38 | Sikap cukup baik, butuh penguatan | | |
| | | Kesepakatan tentang pengurangan pencemaran lingkungan melalui biogas | 32 | Masih ada keraguan | | |
| 3. | Keterampilan | Mengoperasikan instalasi biogas | 19 | Mayoritas belum menguasai keterampilan dasar | 22 | Rendah |
| | | Merawat dan memelihara instalasi | 21 | Butuh pelatihan teknis lanjutan | | |
| | | Efisiensi mengolah limbah | 24 | Mampu bekerja efisien, tapi masih perlu bimbingan | | |
| | | Pembuatan campuran bahan baku | 25 | Ada potensi yang bisa dikembangkan | | |
| | | Mengatasi masalah teknis | 21 | Perlu pendampingan agar lebih mandiri | | |
| 4. | Harapan | Dampak program terhadap pendapatan, energi, dan lapangan kerja | 100 | Harapan mencakup banyak aspek positif | 100 | Tinggi |
| | | Dukungan pemerintah | 100 | Harapan tinggi terhadap fasilitasi dan pelatihan | | |
| | | Dampak lingkungan | 100 | Harapan realistis terhadap lingkungan | | |
| | | Keberlanjutan program | 100 | Sangat optimis | | |
| | | Peningkatan kualitas hidup | 100 | Harapan konkret dan positif | | |

3) Pengetahuan

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan petani mengenai teknologi biogas tongkol jagung masih sangat rendah. Sebagaimana disajikan dalam Tabel 2, mayoritas responden berada dalam kategori pengetahuan rendah sebesar 27%. Hasil ini mengindikasikan bahwa 63% petani memiliki pemahaman yang minim atau terbatas tentang konsep dasar biogas, proses konversi tongkol

jagung, serta manfaat dan cara kerjanya (lihat Gambar 1). Rendahnya pengetahuan ini dapat menjadi kendala utama dalam penerimaan dan adopsi teknologi.



Gambar 1. Skor Rata-rata Petani per Indikator Pengetahuan

Gambar 1 menampilkan rata-rata skor responden untuk setiap indikator pertanyaan pengetahuan. Indikator dengan skor terendah adalah 'faktor yang mempengaruhi produksi biogas' (22%), menunjukkan area pengetahuan yang paling lemah dan menyoroti perlunya pelatihan yang lebih fokus pada aspek ini.

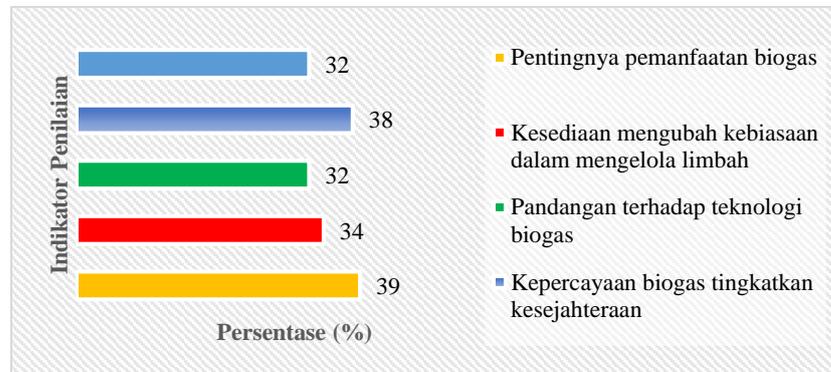
Indikator 'produk utama' dan 'proses perubahan' (masing-masing 31%) memiliki skor rata-rata sedikit lebih tinggi, namun secara keseluruhan menunjukkan bahwa pemahaman petani masih terbatas di banyak aspek dasar biogas tongkol jagung. Temuan ini sejalan dengan interpretasi bahwa pemahaman konsep dasar masih sangat terbatas, dan menggarisbawahi pentingnya program edukasi yang komprehensif untuk meningkatkan pengetahuan petani (Bagus, et al 2024).

4) Sikap

Penilaian terhadap sikap petani menunjukkan pola yang serupa dengan pengetahuan, dimana mayoritas petani memiliki sikap yang belum sepenuhnya positif atau masih ragu-ragu terhadap teknologi biogas tongkol jagung. Sebesar 35% menunjukkan sikap rendah terhadap teknologi ini, yang mencerminkan keraguan, ketidakpastian, atau mungkin persepsi negatif yang belum terkonfirmasi (lihat Gambar 2).

Sikap yang belum terbentuk atau cenderung rendah ini bisa dipengaruhi oleh kurangnya informasi dan pengetahuan tentang manfaat dan cara kerja biogas, tetapi juga mungkin dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti persepsi risiko finansial

atau teknis, norma sosial dalam komunitas, atau kurangnya kepercayaan pada efektivitas teknologi. Misalnya, keraguan terhadap dampak positif biogas terhadap pengurangan pencemaran lingkungan (skor 32%) dapat menghambat partisipasi aktif petani dalam program-program yang berfokus pada keberlanjutan.



Gambar 2. Skor Rata-rata Petani per Indikator Sikap

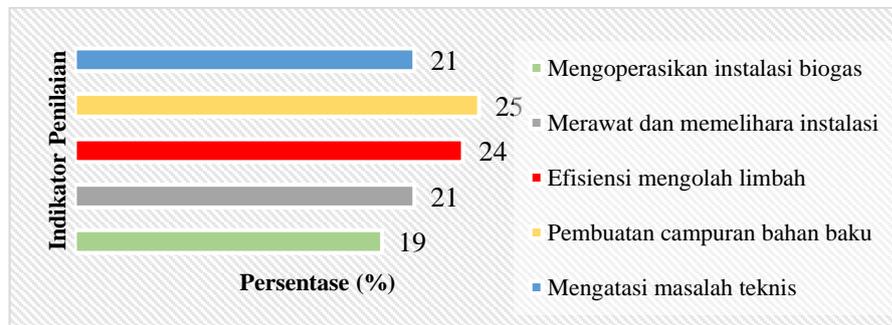
Gambar 2 menyajikan rata-rata skor responden untuk setiap indikator pertanyaan sikap. Terlihat bahwa indikator yang terkait dengan ‘pentingnya pemanfaatan biogas’ (39%) dan ‘kepercayaan biogas tingkatkan kesejahteraan’ (38%) memiliki rata-rata skor sedikit lebih tinggi, menunjukkan adanya pengakuan awal terhadap potensi manfaat.

Namun, indikator lain seperti ‘pandangan terhadap teknologi’ dan ‘kesepakatan tentang pengurangan pencemaran lingkungan’ memiliki skor yang lebih rendah (32%), mengindikasikan bahwa meskipun ada keterbukaan, sikap positif yang mendalam atau konsisten masih belum sepenuhnya terbentuk. Secara keseluruhan, hasil ini mendukung interpretasi bahwa sikap petani cenderung negatif, ragu, atau kurang mendukung secara kuat.

5) Keterampilan

Aspek keterampilan menunjukkan kondisi yang paling kritis di antara ketiga aspek kesiapan. Hampir seluruh responden dilaporkan memiliki keterampilan yang sangat minim terkait implementasi dan operasional sistem biogas. Sebesar 22% petani memiliki keterampilan rendah dalam mengolah tongkol jagung menjadi biogas. Ini berarti mereka belum memiliki kemampuan praktis yang memadai untuk menyiapkan bahan baku (termasuk pretreatment tongkol jagung), mengoperasikan biodigester, atau melakukan pemeliharaan rutin. Ketiadaan

keterampilan praktis ini merupakan hambatan langsung terhadap kemampuan mereka untuk mengimplementasikan teknologi, meskipun mereka mungkin memiliki minat atau harapan.

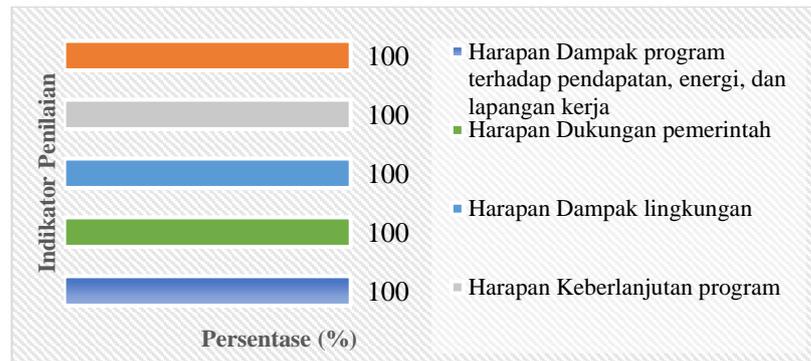


Gambar 3. Skor Rata-rata Petani per Indikator Keterampilan

Gambar 3 menampilkan rata-rata skor responden untuk setiap indikator pertanyaan keterampilan. Terlihat jelas bahwa semua indikator keterampilan memiliki rata-rata skor yang sangat rendah, berada di bawah 25%. Indikator ‘mengoperasikan instalasi biogas’ (19%) adalah yang terendah, diikuti oleh ‘Merawat dan memelihara instalasi’ dan ‘mengatasi masalah teknis’ (21 persen). Hal ini secara kuat mengindikasikan bahwa mayoritas petani belum memiliki keterampilan praktis dasar yang diperlukan untuk mengimplementasikan dan mengelola sistem biogas, yang sejalan dengan interpretasi bahwa keterampilan praktis sangat minim.

6) Harapan

Berbeda dengan temuan kesiapan pengetahuan, sikap, dan keterampilan, aspek harapan menunjukkan optimisme yang sangat tinggi di kalangan petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 100 persen petani memiliki harapan yang tinggi bahwa program pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biogas dapat meningkatkan kualitas hidup mereka. Harapan ini kemungkinan besar terkait dengan potensi manfaat seperti penghematan biaya energi, kemudahan akses energi, pengelolaan limbah yang lebih baik, dan potensi peningkatan pendapatan. Tingginya harapan ini mengindikasikan adanya kemauan dan ketertarikan yang kuat dari pihak petani, meskipun pengetahuan, sikap, dan keterampilan mereka masih rendah.

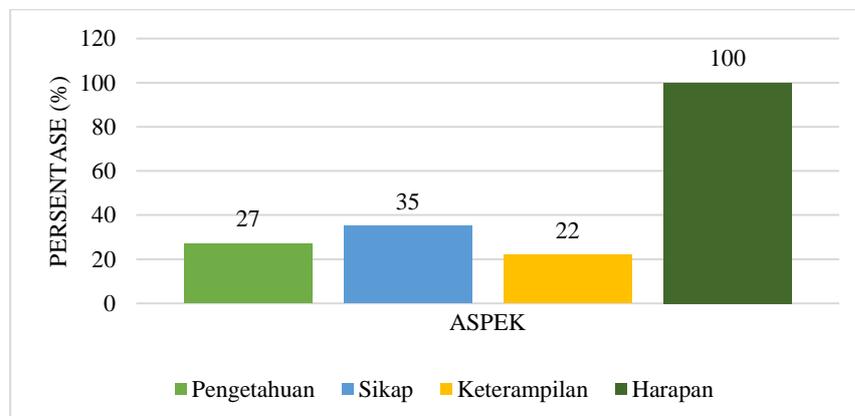


Gambar 4. Skor Rata-rata Petani per Indikator Harapan

Gambar 4 menyajikan rata-rata skor responden untuk setiap indikator pertanyaan harapan. Terlihat bahwa semua indikator harapan memiliki rata-rata skor sempurna (100%). Ini mencerminkan optimisme yang sangat tinggi dan konsisten di kalangan petani terhadap potensi manfaat program biogas, mulai dari dampak ekonomi dan lingkungan hingga dukungan pemerintah dan peningkatan kualitas hidup. Hasil ini secara kuat mendukung interpretasi bahwa harapan dan optimisme petani sangat tinggi.

b. Pembahasan

Hasil penelitian ini mengungkap gambaran menyeluruh mengenai kesiapan petani jagung di Desa Maholida dalam mengadopsi teknologi pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biogas. Temuan utama yang mengemuka adalah adanya kontras tajam antara harapan petani yang sangat tinggi terhadap potensi teknologi ini dengan tingkat kesiapan mereka yang masih rendah dalam aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan (lihat Gambar 5).



Gambar 5. Rata-rata Skor Aspek Pengetahuan, Sikap, Keterampilan, dan Harapan Petani terhadap Teknologi Biogas Tongkol Jagung

Karakteristik demografi 40 responden petani jagung di Desa Maholida (Tabel 2) menunjukkan profil petani usia produktif dengan tingkat pendidikan menengah dan luas lahan dominan 0,5-1 hektar. Profil ini memberikan konteks populasi studi. Meskipun studi ini bersifat deskriptif dan tidak melakukan analisis inferensial, karakteristik demografi ini berpotensi memengaruhi tingkat pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani.

Sebagai contoh, tingkat pendidikan yang lebih tinggi sering dikaitkan dengan akses informasi yang lebih baik, yang dapat meningkatkan pengetahuan (Gusti, et al 2021). Usia juga dapat berhubungan dengan pengalaman dan keterbukaan terhadap inovasi. Penelitian di masa depan dapat mengeksplorasi lebih jauh interaksi antara karakteristik demografi ini dengan tingkat kesiapan petani melalui analisis korelasi atau komparatif untuk pemahaman yang lebih mendalam.

1) Pengetahuan Petani

Analisis mendalam terhadap aspek pengetahuan menunjukkan bahwa petani di Desa Maholida memiliki pemahaman yang terbatas mengenai konsep dasar dan operasional teknologi biogas, khususnya yang terkait dengan tongkol jagung. Minimnya pengetahuan ini mencakup pemahaman tentang produk yang dihasilkan, proses konversi limbah, manfaat spesifik, serta faktor-faktor yang memengaruhi produksi biogas – indikator terakhir ini bahkan menunjukkan tingkat pemahaman paling lemah (lihat Tabel 3 dan Gambar 1).

Rendahnya literasi teknis mengenai biogas tongkol jagung merupakan hambatan awal yang signifikan dalam proses adopsi. Kondisi ini diperkuat oleh berbagai penelitian terdahulu yang menggarisbawahi pentingnya pengetahuan sebagai fondasi adopsi teknologi.

Tanpa pemahaman yang memadai tentang cara kerja inovasi dan manfaatnya, individu sulit untuk melanjutkan ke tahap persuasi dan pengambilan keputusan adopsi (Oktaviana, et al., 2024). Studi oleh Gebreegziabher, et al., (2012) mengenai adopsi biogas di Afrika menemukan bahwa kurangnya akses terhadap informasi yang akurat dan pelatihan teknis dasar merupakan penyebab utama rendahnya pengetahuan petani, yang berujung pada keengganan untuk mengadopsi atau kegagalan operasional.

Penelitian Sari, et al., (2024) dalam konteks adopsi teknologi pertanian modern menunjukkan bahwa petani yang memiliki akses lebih baik ke sumber informasi dan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki pengetahuan yang lebih baik, yang pada gilirannya memfasilitasi adopsi teknologi yang lebih cepat. Sari, et al., (2024) menekankan peran vital layanan penyuluhan dan komunikasi dalam proses pembelajaran sosial dan transfer pengetahuan di komunitas pertanian.

Temuan ini menyoroti perlunya penguatan sistem penyebaran informasi dan edukasi yang lebih efektif, dengan fokus pada penyampaian materi yang mudah dipahami dan relevan langsung dengan konteks petani jagung, mencakup konsep dasar hingga faktor teknis yang memengaruhi produksi biogas.

2) Sikap Petani

Meskipun ada pengakuan awal terhadap pentingnya pemanfaatan limbah dan potensi peningkatan kesejahteraan, tingkat sikap petani terhadap teknologi biogas tongkol jagung secara keseluruhan masih cenderung belum sepenuhnya positif atau menunjukkan keraguan. Kondisi ini mencerminkan adanya ketidakpastian atau mungkin persepsi negatif yang belum teratasi mengenai teknologi itu sendiri atau implikasi pengimplementasiannya. Sikap yang belum solid ini dapat memengaruhi niat petani untuk berkomitmen dan berpartisipasi aktif dalam program adopsi.

Menurut Fishbein & Ajzen (2010) dalam kerangka Theory of Reasoned Action, sikap seseorang terhadap perilaku merupakan prediktor utama niat berperilaku. Sikap yang masih ragu atau kurang positif pada petani dapat menjadi penghalang utama terbentuknya niat yang kuat untuk mengadopsi biogas (Sok, et al., 2021). Studi Kurniasih, et al., (2023) pada adopsi praktik konservasi menunjukkan bahwa persepsi petani terhadap risiko, kepercayaan terhadap efektivitas praktik, dan kesesuaian dengan nilai-nilai pribadi sangat memengaruhi sikap dan kemauan adopsi.

Keraguan pada petani biogas mungkin terkait dengan persepsi risiko teknis atau finansial. Kaleka, et al., (2020), dalam meta-analisis adopsi teknologi pertanian, menemukan bahwa ketidakpastian dan persepsi risiko sering kali menjadi disinsentif, meskipun potensi manfaatnya jelas. Sikap yang belum sepenuhnya positif mungkin mencerminkan adanya kalkulasi risiko vs manfaat yang masih belum meyakinkan bagi sebagian petani.

Penelitian Wang, et al., (2023) menegaskan bahwa penerimaan publik terhadap teknologi energi terbarukan sangat bergantung pada sikap positif masyarakat terhadapnya, yang dipengaruhi oleh pemahaman tentang manfaat dan penerimaan risiko. Sikap yang belum kuat pada petani mengindikasikan bahwa aspek penerimaan teknologi itu sendiri masih perlu dibangun. Elahi, et al., (2022) memasukkan "Observability" sebagai salah satu atribut inovasi; sejauh mana hasil inovasi dapat dilihat oleh orang lain. Jika petani belum melihat bukti nyata keberhasilan biogas tongkol jagung di lingkungan mereka, sikap positif mungkin sulit terbentuk sepenuhnya (Elahi, et al., 2023).

Penguatan sikap memerlukan lebih dari sekadar penyampaian informasi; butuh pendekatan yang membangun kepercayaan, memberikan bukti nyata melalui demonstrasi, dan memfasilitasi diskusi untuk mengatasi keraguan serta membentuk persepsi positif yang kuat. Aspek keterampilan menunjukkan kondisi yang paling lemah di antara semua elemen kesiapan. Petani di Desa Maholida secara umum belum memiliki keterampilan praktis yang memadai untuk mengimplementasikan dan mengoperasikan sistem biogas tongkol jagung. Keterampilan seperti mengoperasikan instalasi, merawat sistem, mengolah bahan baku, dan mengatasi masalah teknis menunjukkan tingkat penguasaan yang sangat minim. Ini merupakan hambatan fisik dan teknis paling nyata dalam proses adopsi.

3) Keterampilan Petani

Berbagai penelitian sebelumnya konsisten dalam menunjukkan krusialnya keterampilan praktis untuk adopsi teknologi, terutama yang bersifat teknis. Tinjauan klasik oleh Liu, et al., (2022) menegaskan bahwa keterampilan manajerial dan teknis merupakan input kritis yang diperlukan petani untuk secara efektif menggunakan teknologi baru yang lebih kompleks. Rasimphi, et al., (2024) menemukan bukti kuat bahwa pelatihan praktis dan demonstrasi lapangan secara signifikan meningkatkan peluang adopsi dan keberlanjutan penggunaan sistem biogas oleh rumah tangga. Kansiime, et al., (2022) berargumen bahwa untuk memastikan adopsi teknologi energi terbarukan yang efektif di tingkat akar rumput, program diseminasi harus memasukkan komponen pelatihan teknis yang kuat dan dukungan pasca-instalasi.

Tingkat keterampilan yang sangat rendah ini mengindikasikan bahwa intervensi pelatihan praktis yang terstruktur, berulang, dan didampingi secara teknis merupakan prasyarat mutlak agar petani mampu mengoperasikan sistem biogas, terlepas dari seberapa tinggi minat atau harapan mereka. Program pelatihan perlu dirancang secara modular, fokus pada langkah-langkah praktis dari pengumpulan dan pra-perlakuan tongkol jagung, pengoperasian dasar digester, hingga perawatan rutin dan penanganan masalah umum, sebaiknya dengan metode praktik langsung di lapangan.

4) Harapan Petani

Berbeda signifikan dengan kesiapan, petani di Desa Maholida menunjukkan tingkat harapan yang sangat tinggi terhadap potensi pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biogas. Harapan ini universal di antara responden dan mencakup berbagai aspek, mulai dari dampak ekonomi (pendapatan, penghematan energi), sosial (lapangan kerja, kualitas hidup), lingkungan, hingga keyakinan akan dukungan pemerintah dan keberlanjutan program. Tingginya harapan ini merupakan indikator adanya pengakuan kuat terhadap *perceived value* dari teknologi ini. Tingginya harapan ini sejalan dengan berbagai prinsip dan temuan mengenai motivasi dan niat adopsi.

Konsep "Relative Advantage" teori Rogers (2003) dalam Yong, et al., (2022) adalah pendorong utama adopsi. Harapan tinggi petani mencerminkan persepsi yang jelas dan kuat mengenai keunggulan biogas tongkol jagung dibandingkan alternatif yang ada, dalam berbagai dimensi manfaat. Kerangka Social Cognitive Theory, Bandura (1977) dalam Egele, et al., (2025) mengidentifikasi "outcome expectations" (ekspektasi bahwa perilaku akan menghasilkan konsekuensi yang diinginkan) sebagai motivator kunci.

Harapan tinggi petani adalah manifestasi dari ekspektasi hasil positif dari adopsi biogas. Ekspektasi terhadap manfaat finansial dan lingkungan merupakan faktor yang paling memengaruhi niat rumah tangga untuk mengadopsi. Harapan petani akan penghematan biaya energi dan dampak lingkungan positif sangat konsisten dengan temuan ini (Egele, et al., 2025).

Kesenjangan yang nyata antara harapan yang sangat tinggi dan tingkat pengetahuan, sikap, serta keterampilan yang rendah merupakan temuan paling krusial dalam penelitian ini. Ini menunjukkan bahwa petani di Desa Maholida

menginginkan solusi yang ditawarkan oleh teknologi biogas tongkol jagung dan percaya pada potensinya, tetapi mereka belum memiliki kapasitas yang diperlukan untuk mengimplementasikan atau menggunakannya secara efektif.

Harapan yang tidak didukung oleh pengetahuan dan keterampilan memadai berpotensi menjadi tidak realistis dan dapat menimbulkan kekecewaan apabila program tidak memberikan hasil sesuai ekspektasi tanpa disertai peningkatan kapasitas petani. Oleh karena itu, strategi untuk mengelola harapan petani perlu dilakukan, paralel dengan upaya peningkatan pengetahuan dan keterampilan, agar harapan tetap positif tetapi realistis, didasarkan pada pemahaman yang akurat tentang proses dan prasyarat keberhasilan biogas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Temuan studi ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara tingkat kesiapan petani jagung di Desa Maholida dalam mengadopsi teknologi biogas dari tongkol jagung dengan harapan mereka terhadap teknologi tersebut. Pengetahuan, sikap, dan keterampilan petani masing-masing ditemukan menunjukkan persentase rendah, yaitu 27%, 35%, dan 22%, sementara di sisi lain, seluruh responden (100%) memiliki harapan tinggi bahwa program biogas dapat meningkatkan kualitas hidup mereka.

Kontras ini mengindikasikan bahwa meskipun ada keinginan dan keyakinan kuat terhadap manfaat biogas di kalangan petani, kapasitas praktis dan pemahaman dasar mereka masih menjadi faktor pembatas utama yang perlu diatasi. Kesenjangan ini secara jelas mengindikasikan perlunya intervensi yang tepat sasaran dan terintegrasi (melalui edukasi, pelatihan, dan pendampingan) untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan, sikap, dan keterampilan, guna memastikan keberhasilan adopsi teknologi biogas di lapangan. Dengan demikian, studi ini telah berhasil memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat kesiapan (pengetahuan, sikap, keterampilan) dan harapan petani terkait teknologi biogas tongkol jagung, sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Kesenjangan antara tingginya harapan petani terhadap biogas dan rendahnya pengetahuan, sikap, serta keterampilan mereka menunjukkan perlunya intervensi yang tepat sasaran. Sosialisasi dan pelatihan produksi biogas dari tongkol jagung perlu diselenggarakan dengan metode interaktif seperti demonstrasi lapangan, menekankan aspek praktis dan manfaat nyata, serta melibatkan lembaga pemerintah dan universitas secara partisipatif. Jika kesenjangan ini tidak segera ditangani, adopsi teknologi biogas berisiko stagnan, menghambat potensi peningkatan kesejahteraan petani dan kontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Medan (Unimed) berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Negeri Medan Nomor: 0194/UN33/KPT/2025, atas dukungan pendanaan dan fasilitasi yang sangat berharga, yang telah memungkinkan terlaksananya seluruh rangkaian kegiatan penelitian dan pengabdian ini dengan baik dari awal hingga akhir.

Penghargaan tulus juga ditujukan kepada mitra Kelompok Tani di Desa Maholida, Sttu Jehe, Pakpak Bharat, atas sambutan hangat, partisipasi aktif, serta penyediaan sarana dan prasarana yang sangat membantu dalam kelancaran proses pengumpulan data dan tercapainya tujuan dari kegiatan ini.

DAFTAR REFERENSI

- Bello, S., Adeleke, A., Nzerem, P., & Uthman, T. O. (2025). Corncob Pyrolysis for Sustainable Bio-oil Production; A Review of Pretreatment, Conversion, and Improvement Techniques. *Biofuels*, 16(4), 418-427. <https://doi.org/10.1080/17597269.2024.2429053>.
- Dorofėjūtė, T., Paulikienė, S., Ūksas, T., Zvicevičius, E., Žiūra, K., & Lekavičienė, K. (2024). Assessment of the Characteristics of Corncoobs Used for Energy Needs. *Agronomy*, 14(6), 1127. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061127>.
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376-384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>.
- Effendi, M., Juita, F., & Balkis, S. (2024). *Lika-liku Petani dalam Perspektif Pendekatan Psikologis: Buku Penunjang Mata Kuliah Psikologi Masyarakat Petani*. Penerbit NEM.
- Elahi, E., Khalid, Z., & Zhang, Z. (2022). Understanding Farmers' Intention and Willingness to Install Renewable Energy Technology: A Solution to Reduce The Environmental Emissions of Agriculture. *Applied Energy*, 309, 118459. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118459>.
- Indriyani, N., Heremba, S., Agustian, I., Salim, M., Ma'arif, S., Resky, I., & Panjaitan, T. (2022). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Biogas dan Pupuk Organik di Desa Klasmek. *Jurnal Abdimasa Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 69-74. <https://core.ac.uk/download/pdf/524922987.pdf>.
- Irawan, D., Ridhuan, K., Mafruddin, M., Riswanto, R., Juliyanto, J., & Saputra, D. (2020). Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Rumah Tangga di Desa Astomulyo Kecamatan Pungur Kabupaten Lampung Tengah. *SINAR SANG SURYA: Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 7-16. <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/sinarsangsurya/article/view/1702>.

- Gebreegziabher, Z., Mekonnen, A., Kassie, M., & Köhlin, G. (2012). Urban Energy Transition and Technology Adoption: The Case of Tigray, Northern Ethiopia. *Energy Economics*, 34(2), 410-418. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.017>.
- Goma, E. I., Sandy, A. T., & Zakaria, M. (2021). Analisis Distribusi dan Interpretasi Data Penduduk Usia Produktif Indonesia Tahun 2020. *Jurnal Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 6(1), 20-27. <https://doi.org/10.32663/georaf.v6i1.1781>.
- Guntara, B. D. A. R., Khanza, D., Suari, D. P., & Aryono. (2025). Kebijakan Pemerintah dalam Mendukung Ketahanan dan Kesejahteraan Petani Desa Sawahan, Boyolali. *Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi*, 5 (1), 92–99, <https://ojs.udb.ac.id/index.php/HUBISINTEK/article/view/4325>.
- Gusti, I. M., Gayatri, S., & Prasetyo, A. S. (2021). Pengaruh Umur, Tingkat Pendidikan dan Lama Bertani Terhadap Pengetahuan Petani Tentang Manfaat dan Cara Penggunaan Kartu Tani di Kecamatan Parakan, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 19(2), 209-221. <https://doi.org/10.36762/jurnaljateng.v19i2.926>.
- Judijanto, L. (2025, May). Pengelolaan Limbah Pertanian sebagai Sumber Energi Terbarukan. *In Prosiding Seminar Nasional Indonesia*, 3 (2), 61-70.
- Kaleka, M. U., Maulida, E., Taek, E., Swastawan, I. P. E., & Arisena, G. M. K. (2020). Kajian Risiko Usaha Tani Padi di Indonesia. *Agromix*, 11(2), 166-176. <https://doi.org/10.35891/agx.v11i2.1928>.
- Kansiime, M. K., Njunge, R., Okuku, I., Baars, E., Alokot, C., Duah, S., ... & Watiti, J. (2022). Bringing Sustainable Agricultural Intensification Practices and Technologies to Scale Through Campaign-Based Extension Approaches: lessons from Africa Soil Health Consortium. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(5), 743-757. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1976495>.
- Kurniasih, D., Syaikat, Y., & Nurmalina, R. (2023). Persepsi Petani terhadap Tingkat Kekritisn Risiko Usahatani Bawang Putih dan Strategi Manajemen Risikonya (Studi Kasus di Kabupaten Temanggung). *Jurnal Penyuluhan*, 19(02), 290-307. <https://doi.org/10.25015/19202346082>.
- Liu, Y., Shi, R., Peng, Y., Wang, W., & Fu, X. (2022). Impacts of Technology Training Provided by Agricultural Cooperatives on Farmers' Adoption of Biopesticides in China. *Agriculture*, 12(3), 316. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030316>.
- Nickerson, C. (2023). Theory of reasoned action (Fishbein and Ajzen, 1975). *Simply Psychology*, 1-11. <https://doi.org/10.1177/0959354309336319>.
- Oktaviana, P. V. P., Warsono, H., & Astuti, R. S. (2024). Proses Difusi Inovasi Identitas Kependudukan Digital (IKD) di Kabupaten Boyolali. *Journal of Public Policy and Management Review*, 13(2), 1-19. <https://doi.org/10.14710/jppmr.v13i2.43532>.
- Pertiwiningrum, A., Budiarto, R., & Widhyharto, D. S. (2023). *Biogas untuk Kemandirian Energi di Perdesaan*. UGM Press.

- Paramita, D., Handayani, K. U., & Harahap, R. N. (2024). Mempromosikan Efisiensi Sumber Daya Melalui Eco-Lokalisme: Analisis Keberlanjutan Desa Energi Berdikari Berbasis Biogas. *Jurnal Aplikasi dan Inovasi Iptek*, 6(1), 1-19. <https://www.jasintek.denpasarinstitute.com/index.php/jasintek/article/view/152>.
- Rakasiwi, R., Ivontianti, W., & Sitanggang, E. (2020). Mini Digester untuk Pengolahan Limbah Organik Menjadi Biogas dan Dampak Terhadap Pengurangan Emisi (Mini Digestion to Produce Biogas from Organic Waste and Impact on Reducing Emissions). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 8(1), 022-30, <https://doi.org/10.26418/jtllb.v8i1.39970>.
- Ramandha, M. D. R., Enggraini, E., & Shafwah, N. (2025). Eksplorasi Inovasi Gas Alam: Menuju Dapur Pintar dan Berkelanjutan. *Journal of Social Sciences Spectrum*, 1(1), 7-18. <https://sriwijayamediapermata.id/index.php/spectrum>.
- Rasimphi, T., Kilonzo, B., Tjale, M., Tinarwo, D., & Nyamukondiwa, P. (2024). Review of Implementation of Biogas Technology in Rural Communities of South Africa. *Cogent Social Sciences*, 10(1), 2419536. <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2419536>.
- Rezeki, S., Ivontianti, W. D., & Khairullah, A. (2021). Optimasi Temperatur Pada Produksi Biogas dari Limbah Rumah Makan di Kota Pontianak. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(1), 32-38. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i1.850>.
- Rhofita, E. I. R. (2022). Optimalisasi Sumber Daya Pertanian Indonesia untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Energi Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 28(1), 82. <https://doi.org/10.22146/jkn.71642>.
- Sari, S. A., Damanik, M., Prastowo, P., Muslim, M., Dalimunthe, M., Kabeakan, F. Y. A., & Hasibuan, H. (2024). Focus Group Discussion to Explore Farmers' Knowledge, Attitudes, and Skills in Utilizing Corn Cob Waste in Tambak Rejo I Village, Amplas District, Medan City. *In Proceeding International Conference of Community Service*, 2 (1). <https://doi.org/10.29062/engagement.v8i2.1835>.
- Sari, S. A., Damanik, M., Prastowo, P., Muslim, M., Dalimunthe, M., Kabeakan, F. Y. A., & Hasibuan, H. (2024). Pemberdayaan Petani Jagung dalam Mengolah Limbah Tongkol Jagung Empowerment of Corn Farmes in Processing Corn Cob Waste. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 8(2), 286-293. <https://doi.org/10.22146/jkn.71642>.
- Sari, S. A., Prastowo, P., Muslim, M., Kabeakan, F. Y. A., Hasibuan, H., & Nasution, L. M. (2024). Analyze Farmers' Attitudes, Skills, and SDG Achievements through the Production of Organic Fertilizer from Corn Cobs. *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(2), 576-593. <https://doi.org/10.29062/engagement.v8i2.1835>.
- Sari, S. A., Prastowo, P., Muslim, M., Kabeakan, F. Y., Hasibuan, H., & Nasution, L. M. (2024). Peningkatan Pengetahuan Petani Jagung Pakpak Bharat dalam Mengolah Limbah Pangkal Jagung Menjadi Pupuk Organik Ramah Lingkungan. *Sarwahita*, 21(03), 316-330. <https://doi.org/10.21009/sarwahita.213.6>.
- Setiawan, B. D., Nugraha, W., & Agustina, S. D. (2024). Pemberdayaan Masyarakat dalam Pemanfaatan Biogas Berbasis Bisnis Digital sebagai Solusi Energi Terbarukan dan Ekonomi Berkelanjutan. *Jurnal Masda*, 3(2), 98-107. <https://ejurnal.unmura.ac.id/index.php/masda>.

- Sok, J., Borges, J. R., Schmidt, P., & Ajzen, I. (2021). Farmer Behaviour as Reasoned Action: A Critical Review of Research with The Theory of Planned Behaviour. *Journal of Agricultural Economics*, 72(2), 388-412. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12408>.
- Wang, J., Li, W., Haq, S. U., & Shahbaz, P. (2023). Adoption of Renewable Energy Technology on Farms for Sustainable and Efficient Production: Exploring The Role of Entrepreneurial Orientation, Farmer Perception and Government Policies. *Sustainability*, 15(7), 5611. <https://doi.org/10.3390/su15075611>.