Jurnal Ekonomi, Akuntansi, dan Perpajakan
Volume. 3, Nomor. 4, November 2026
e-ISSN: 3046-8140; p-ISSN: 3046-8809, Hal. 273-290
DOI: https://doi.org/10.61132/jeap.v3i4.2722
Tersedia: https://ejournal.areai.or.id/index.php/JEAP

Pemanfaatan Energi Biomassa dari Limbah Pertanian sebagai Alternatif Energi untuk Mendukung Ekonomi Berkelanjutan

Utilization of Biomass Energy from Agricultural Waste as an Energy Alternative to Support a Sustainable Economy

Nabila Putri Rahayu[1*], Sarpini[2]
[1-2]Program Studi Ekonomi Syariah, Universitas Islam Negeri Prof. K.H. Saifuddin Zuhri Purwokerto, Indonesia
Email: 244110201116@mhs.uinsaizu.ac.id[1], Sarpini@uinsaizu.ac.id[2]

**Penulis Korespondensi: 244110201116@mhs.uinsaizu.ac.id*

Abstract. *Agricultural by-products have significant potential as a source of biomass energy. However, their effective utilization requires appropriate processing methods and efficient resource management. This study aims to evaluate the potential of agricultural waste as an alternative energy source, its economic benefits, the challenges associated with its development, and its contribution to a sustainable economy. This study employs a literature review method by examining various scientific studies on agricultural waste utilization, biomass conversion technologies, economic aspects, and environmental impacts. The literature review indicates that the utilization of agricultural waste can generate energy, increase the value of agricultural by-products, and create business opportunities and employment. Nevertheless, the successful utilization of biomass depends on the characteristics of the raw materials, the suitability of conversion technologies, production and transportation costs, and the continuity of raw material supply. Excessive removal of agricultural residues may also reduce the organic matter content that is essential for maintaining soil fertility. Therefore, the development of biomass energy needs to consider the relationship between the continuity of agricultural residue supply, its economic feasibility, and the need for organic matter to maintain soil fertility. These findings are based on existing literature rather than direct empirical data collection. Sustainable biomass development requires appropriate technologies, efficient supply chain management, and consideration of economic feasibility and environmental impacts.*

Keywords: *Agricultural Waste; Biomass Energy; Crop Residues; Renewable Energy; Sustainable Economy.*

Abstrak. Hasil sampingan dari sektor pertanian memiliki kemampuan yang sangat besar untuk dijadikan sumber energi biomassa. Namun, untuk dapat memanfaatkannya dengan baik, dibutuhkan metode pengolahan yang sesuai dan pengaturan sumber daya yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi limbah pertanian sebagai alternatif sumber energi, keuntungan ekonominya, tantangan dalam pengembangannya, serta kontribusinya terhadap perekonomian yang berkelanjutan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dengan menelaah berbagai penelitian ilmiah yang membahas pemanfaatan limbah pertanian, teknologi konversi biomassa, aspek ekonomi, dan dampak lingkungan. Hasil dari kajian literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian mampu menghasilkan energi, meningkatkan nilai dari hasil sampingan pertanian, serta membuka kesempatan usaha dan lapangan kerja. Namun demikian, suksesnya pemanfaatan biomassa sangat tergantung pada karakteristik bahan baku, kecocokan teknologi konversi, biaya untuk produksi dan pengiriman, serta kesinambungan pasokan bahan baku. Pengambilan residu pertanian yang berlebihan juga dapat mengurangi kandungan bahan organik yang penting untuk mempertahankan kesuburan tanah. Oleh karenanya, perkembangan energi biomassa perlu mempertimbangkan hubungan antara kesinambungan pasokan residu pertanian, kelayakan ekonominya, serta kebutuhan akan bahan organik untuk menjaga kesuburan tanah. Temuan ini bersumber dari kajian literatur yang telah ada, bukan dari pengumpulan data empiris secara langsung. Pengembangan biomassa dengan cara yang berkelanjutan memerlukan teknologi yang tepat, pengelolaan rantai pasok yang efisien, dan perhatian terhadap aspek kelayakan ekonomi serta dampak terhadap lingkungan.

Kata kunci: limbah pertanian, energi biomassa, ekonomi berkelanjutan, residu pertanian, energi terbarukan

1. LATAR BELAKANG

Pemenuhan kebutuhan energi adalah salah satu aspek penting dalam mendukung aktivitas ekonomi dan kehidupan masyarakat. Di tengah tantangan untuk mencari sumber energi alternatif, pemanfaatan sumber daya yang ada secara efisien menjadi hal yang harus

Naskah Masuk: 25 Agustus 2026; Revisi: 20 September 2026; Diterima: 30 Oktober 2026; Terbit: 11 November 2026

diperhatikan. Indonesia yang dikenal sebagai negara agraris menghasilkan berbagai macam limbah dari proses produksi dan pengolahan pertanian, seperti sekam, jerami, tongkol jagung, dan ampas tebu. Limbah-limbah tersebut memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku energi biomassa melalui proses pengolahan yang tepat (Sari et al., 2024; Artiningsih et al., 2025). (Rhofita, 2022) menyatakan bahwa limbah pertanian memiliki kemampuan sebagai sumber bahan baku bioenergi yang dapat membantu ketahanan energi di tingkat nasional. Potensi tersebut menunjukkan bahwa hasil pertanian yang tersisa tidak hanya harus dianggap sebagai sampah, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya yang bernilai (Nurhalizah et al., 2025; Rahayu et al., 2025).

Namun, ketersediaan limbah pertanian tidak selalu menjamin sukses dalam pengembangannya sebagai sumber energi. Setiap tipe limbah memiliki sifat bahan dan proses pengolahan yang berbeda-beda. Di samping itu, pemanfaatan limbah harus mempertimbangkan kelangsungan pasokan, biaya pengumpulan dan transportasi, kesesuaian teknologi yang digunakan, serta jumlah energi yang dapat dihasilkan (Muhaimah et al., 2026). (Rahmansyah et al., 2021) membahas potensi pengolahan limbah hasil pertanian dan perkebunan dengan menggunakan konsep pabrik biomassa untuk memproduksi energi yang dapat diperbarui dan barang bernilai tinggi. Riset tersebut juga mengidentifikasi beberapa tantangan dalam pengembangan, seperti biaya, ketidakpastian mengenai hasil dan keuntungan, serta keandalan operasional. Hal ini mengindikasikan bahwa pengembangan biomassa harus mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomi secara bersamaan, bukan hanya tergantung pada kuantitas bahan mentah yang ada.

Dari perspektif ekonomi, penggunaan sisa-sisa pertanian sebagai sumber energi biomassa memiliki potensi untuk meningkatkan nilai dari material yang sebelumnya belum dimanfaatkan dengan baik. Proses pengumpulan, pengolahan, dan distribusi produk biomassa dapat menciptakan peluang untuk berbagai usaha. Akan tetapi, nilai ekonomi ini sangat tergantung pada faktor-faktor seperti biaya produksi, jarak transportasi, ketersediaan bahan baku, serta infrastruktur yang diperlukan. (Sandika et al., 2026) melakukan penelitian tentang potensi ekonomi penggunaan sekam padi sebagai sumber bioenergi di Kabupaten Cianjur dengan mempertimbangkan aspek kelayakan ekonomi serta faktor-faktor pendukung dalam pengembangannya. Penelitian tersebut memberikan wawasan mengenai kemungkinan pemanfaatan sekam padi dalam konteks wilayah tertentu. Namun, hasil yang diperoleh dari satu jenis sisa dan daerah tidak bisa serta-merta diaplikasikan ke semua tipe limbah pertanian lantaran setiap material memiliki karakteristik dan kondisi penggunaan yang berbeda (Sari et al., 2024).

Selain keuntungan finansial, pemanfaatan biomassa harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Sisa-sisa pertanian tidak dapat sepenuhnya diambil untuk keperluan energi, karena sebagian masih mempunyai fungsi tambahan, seperti membantu menjaga kandungan bahan organik dan kesuburan tanah. Pengambilan sisa secara berlebihan tanpa memperhatikan kebutuhan lahan dapat menyebabkan masalah bagi keberlanjutan output pertanian. Oleh sebab itu, pemanfaatan biomassa harus mencari keseimbangan antara kebutuhan energi, nilai ekonomi yang ditawarkan, dan perlindungan sumber daya pertanian. Dalam konteks pembangunan yang berkelanjutan, Irawan et al. (2024) menjelaskan pendekatan ekonomi sirkuler dan menyoroti pentingnya efisiensi sumber daya untuk mendukung aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Meskipun tidak membahas secara khusus energi biomassa dari sisa pertanian, studi ini bisa dijadikan dasar untuk menempatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya sebagai salah satu elemen dalam ekonomi yang berkelanjutan.

Berdasarkan penjelasan yang ada, tulisan ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi limbah pertanian sebagai sumber energi biomassa, cara pemanfaatannya sebagai energi alternatif, kemungkinan peningkatan nilai ekonomi, serta rintangan dalam pengembangannya untuk mendukung ekonomi yang berkelanjutan. Ruang lingkup kajian terpusat pada limbah dari proses dan pengolahan tanaman pertanian, terutama seperti sekam padi, jerami padi, tongkol jagung, dan ampas tebu. Sementara itu, ekonomi berkelanjutan dibahas melalui empat sudut pandang, yaitu efisiensi pemakaian sumber daya, nilai tambah serta kelayakan ekonomi, kesempatan untuk manfaat sosial-ekonomi, dan keberlanjutan lingkungan yang mencakup pemeliharaan bahan organik di dalam tanah. Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif kualitatif melalui studi literatur, dengan cara mengkaji, membandingkan, dan menggabungkan sumber-sumber literatur yang relevan. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai peluang serta batasan dalam pemanfaatan limbah pertanian sebagai energi biomassa tanpa menganggapnya sebagai pengukuran dampak ekonomi atau lingkungan secara langsung.

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Energi Biomassa Sebagai Energi Terbarukan

Energi biomassa adalah sumber energi yang berasal dari material organik, baik dari tanaman maupun dari produk samping serta limbah organik. Biomassa memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan melalui proses pengelolaan yang sesuai dengan sifat-sifat bahan bakunya. (Wahyuni et al., 2024) menjelaskan bahwa biomassa bisa berasal dari berbagai jenis material organik, termasuk hasil samping dari kegiatan pertanian dan

perkebunan. Bahan-bahan tersebut memiliki kemampuan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi, salah satunya untuk menghasilkan listrik dengan pembangkit listrik tenaga biomassa.

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi terbarukan dapat dilakukan melalui berbagai teknologi konversi, salah satunya dengan mengolah limbah menjadi briket biomassa. (Pangaribuan et al., 2026) membahas pemanfaatan sekam padi dan tongkol jagung sebagai bahan baku briket biomassa. Pengolahan tersebut menunjukkan bahwa limbah pertanian tidak hanya menjadi sisa kegiatan produksi, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang memiliki nilai guna. Selain sekam padi dan tongkol jagung, jerami padi dan ampas tebu juga relevan untuk dikaji sebagai bahan baku biomassa sesuai dengan karakteristik dan teknologi pengolahannya. Oleh karena itu, pemanfaatan energi biomassa dalam kajian ini difokuskan pada limbah pertanian yang berpotensi mendukung penyediaan energi alternatif sekaligus meningkatkan nilai guna hasil samping pertanian.

Selain dapat diolah menjadi bahan bakar cair, biomassa juga bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. (Wahyuni et al., 2024) meneliti penggunaan tandan kosong dari kelapa sawit sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik berbasis biomassa. Studi ini menemukan bahwa tandan kosong kelapa sawit memiliki nilai kalor sekitar 18,8 MJ/kg dan berpotensi digunakan sebagai sumber energi. Hasil ini menunjukkan bahwa produk sampingan dari kegiatan pertanian dan perkebunan memiliki kegunaan lain selain perannya yang utama sebagai hasil produksi.

Berdasarkan kedua studi tersebut, energi biomassa dapat dieksplorasi melalui berbagai metode olahan, tergantung pada jenis bahan baku dan teknologi yang diterapkan. Penggunaan tersebut menghadirkan peluang untuk memaksimalkan pemanfaatan bahan organik yang sebelumnya belum teroptimalkan. Namun, pengembangan biomassa tetap harus mempertimbangkan karakteristik dari bahan baku, efisiensi proses pengolahan, kualitas energi yang dihasilkan, serta aspek kelayakan ekonomi. Faktor-faktor ini menjadi dasar untuk menilai potensi limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif yang mendukung ekonomi yang berkelanjutan.

Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biomassa

Limbah dari sektor pertanian adalah sisa-sisa yang muncul dari proses produksi dan olahan hasil pertanian yang masih memiliki kemungkinan untuk diolah menjadi sumber energi. Salah satu contohnya adalah sekam padi yang dihasilkan selama proses penggilingan padi dan tongkol jagung yang tertinggal setelah biji jagung dipisahkan. Material-material ini dapat digunakan untuk menghasilkan energi dengan memanfaatkan teknologi pengolahan biomassa. (Sanni & Nurjannah, 2024) menjelaskan penggunaan serbuk sekam padi dan tongkol jagung

sebagai bahan dasar untuk pembuatan briket biomassa. Penelitian itu menunjukkan bahwa kedua tipe limbah pertanian ini bisa digunakan sebagai bahan bakar padat alternatif setelah menjalani proses pengolahan serta pengujian mutu.

Selain dikonversi menjadi briket, limbah pertanian juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik. (Judijanto & Al-Amin, 2025) mengeksplorasi kemungkinan penggunaan sekam padi sebagai sumber bahan bakar alternatif untuk pembangkit listrik berbasis biomassa di Sumatera Barat. Sekam padi adalah hasil sampingan dari proses penggilingan padi yang dapat berfungsi sebagai sumber energi melalui teknologi konversi termal, seperti gasifikasi, pembakaran, dan pirolisis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi berpotensi mendukung penyediaan energi sambil juga mengoptimalkan pemanfaatan limbah dari pengolahan hasil pertanian. Namun, kapasitas limbah pertanian sebagai bahan biomassa tidak hanya ditentukan oleh volume limbah yang dihasilkan. Ketersediaan bahan yang dapat dianalisis dan dimanfaatkan juga menjadi faktor krusial. (Swastika et al., 2025) dalam penelitian terkait ketersediaan sekam padi untuk pemanfaatan biomassa *co-firing* di Kabupaten Indramayu, menemukan bahwa jumlah sekam yang bisa dimanfaatkan dipengaruhi oleh kapasitas penggilingan, waktu panen, dan penggunaan sekam untuk keperluan industri lainnya. Oleh karena itu, keberlanjutan ketersediaan bahan baku harus diperhatikan sebelum pengembangan pemanfaatan biomassa secara luas.

Dari tiga penelitian yang telah dilakukan, limbah pertanian dapat dianggap sebagai sumber biomassa yang pemanfaatannya tergantung pada tipe limbah, teknologi pemrosesan, kualitas energi yang dihasilkan, serta ketersediaan bahan baku. Proses pengolahan limbah menjadi briket atau penggunaan untuk pembangkit listrik merupakan contoh upaya meningkatkan nilai tambah dari residu pertanian. Dalam konteks ekonomi berkelanjutan, pemanfaatan tersebut harus mempertimbangkan kelayakan dalam pengolahan dan kesinambungan pasokan agar sumber daya pertanian bisa digunakan dengan seoptimal mungkin.

Ekonomi Berkelanjutan dalam Pemanfaatan Sumber Daya

Riset yang dilakukan oleh (Prawitasari, 2025) menilai kemungkinan pemanfaatan limbah pertanian padi seperti jerami, sekam, dan dedak sebagai sumber bioenergi melalui pendekatan *biorefinery* di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Metode *biorefinery* merujuk pada pengolahan biomassa untuk menghasilkan berbagai produk serta produk samping, yang menjadikan penggunaan bahan baku lebih optimal. Penelitian ini menggunakan P-Graph dan analisis ekonomi teknik untuk mengeksplorasi kemungkinan pengolahan limbah padi menjadi

bioenergi. Kajian ini sejalan dengan prinsip ekonomi berkelanjutan karena mengaitkan pemanfaatan limbah pertanian, inovasi produk energi, serta pertimbangan ekonomi dalam proses pengolahannya.

Kelayakan ekonomi dari pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi dapat dilihat dari penelitian Sandika et al. (2026) tentang pengembangan sekam padi sebagai agroenergi di Kabupaten Cianjur. Penelitian tersebut memperoleh nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp965,2 miliar dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR) sebesar 2,04. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan sekam padi memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan ekonomi berdasarkan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian tersebut. Namun, hasil tersebut terbatas pada konteks dan asumsi penelitian di Kabupaten Cianjur sehingga belum tentu mencerminkan kondisi di wilayah lain atau pada jenis limbah pertanian yang berbeda. Perbedaan ketersediaan bahan baku, biaya pengolahan, serta kebutuhan transportasi dapat memengaruhi tingkat kelayakan ekonominya. Oleh sebab itu, pengembangan energi dari limbah pertanian perlu disesuaikan dengan kondisi setempat serta mempertimbangkan keseimbangan antara biaya dan manfaat agar dapat mendukung keberlanjutan ekonomi.

Kelayakan ekonomi dari pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi dapat dilihat dari penelitian Sandika et al. (2026) tentang pengembangan sekam padi sebagai agroenergi di Kabupaten Cianjur. Penelitian tersebut memperoleh nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp965,2 miliar dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR) sebesar 2,04. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan sekam padi memiliki potensi untuk menghasilkan keuntungan ekonomi berdasarkan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian tersebut. Namun, hasil tersebut terbatas pada konteks dan asumsi penelitian di Kabupaten Cianjur sehingga belum tentu mencerminkan kondisi di wilayah lain atau pada jenis limbah pertanian yang berbeda. Perbedaan ketersediaan bahan baku, biaya pengolahan, serta kebutuhan transportasi dapat memengaruhi tingkat kelayakan ekonominya. Oleh sebab itu, pengembangan energi dari limbah pertanian perlu disesuaikan dengan kondisi setempat serta mempertimbangkan keseimbangan antara biaya dan manfaat agar dapat mendukung keberlanjutan ekonomi.

Berdasarkan hasil dari dua penelitian tersebut, ekonomi berkelanjutan yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya pertanian dapat dihubungkan dengan tiga aspek, yaitu peningkatan nilai limbah, evaluasi dari segi kelayakan ekonomi, dan pengelolaan sumber daya yang efisien. Dalam hal pemanfaatan energi dari biomassa, limbah pertanian memiliki potensi untuk menjadi sumber energi alternatif serta memberikan nilai tambah terhadap produk

sampingan pertanian. Namun, penggunaannya harus mempertimbangkan biaya untuk proses pengolahan, ketersediaan bahan baku, titik infrastruktur, dan dampak terhadap lingkungan. Dengan mempertimbangkan semua aspek tersebut, pemanfaatan biomassa dapat ditingkatkan dengan lebih fokus untuk mendukung keberlanjutan ekonomi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kepustakaan. Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari artikel jurnal ilmiah serta sumber buku referensi lain yang berkaitan dengan penggunaan energi biomassa dari limbah pertanian. Penelitian literatur dilakukan dengan menggunakan Google Scholar dan website jurnal ilmiah, dengan fokus pada publikasi yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2026. Kata kunci yang digunakan meliputi "energi biomassa dari limbah pertanian", "pemanfaatan sekam padi sebagai energi", "jerami padi sebagai sumber energi", "tongkol jagung sebagai biomassa", "konversi limbah pertanian menjadi energi", "ekonomi berkelanjutan".

Pemilihan literatur didasarkan pada kesesuaian isi publikasi dengan tujuan penelitian, kejelasan sumber penerbitan, serta kelengkapan informasi yang dapat dikaji. Literatur yang digunakan mencakup publikasi mengenai potensi limbah pertanian sebagai bahan baku biomassa, teknologi pengolahannya menjadi energi, manfaat dan kelayakan ekonomi, serta hubungannya dengan keberlanjutan lingkungan. Sebaliknya, publikasi yang tidak sesuai dengan fokus kajian, memiliki identitas sumber yang tidak jelas, atau memuat informasi yang kurang memadai untuk mendukung pembahasan tidak disertakan dalam analisis.

Proses analisis literatur meliputi tiga tahapan, yaitu pencarian, penyaringan, dan sintesis. Pencarian dilakukan dengan mengumpulkan publikasi berdasarkan kata kunci yang telah ditetapkan. Setelah itu, publikasi diseleksi melalui penelaahan judul, abstrak, dan isi artikel untuk memastikan kesesuaiannya dengan kriteria yang digunakan. Literatur terpilih selanjutnya dikelompokkan ke dalam beberapa aspek, meliputi potensi bahan baku, teknologi pengolahan, manfaat ekonomi, serta tantangan dan dampak lingkungan. Temuan dari berbagai publikasi kemudian dibandingkan dan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui persamaan, perbedaan, dan hubungan ant hasil penelitian. Jika terdapat perbedaan temuan, penelaahan dilakukan dengan memperhatikan jenis bahan baku, teknologi pengolahan, lokasi penelitian, dan asumsi yang digunakan. Melalui tahapan tersebut, penelitian ini berupaya memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai potensi, peluang, dan keterbatasan

pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi biomassa untuk mendukung ekonomi berkelanjutan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Limbah Pertanian sebagai Sumber Energi Biomassa

Limbah pertanian adalah salah satu sumber daya yang sering dianggap remeh, padahal memiliki potensi yang signifikan untuk dijadikan energi yang dapat diperbarui. Limbah ini mencakup hasil sampingan dari panen seperti jerami, sekam padi, daun jagung, ampas tebu, serta limbah organik lainnya yang berasal dari peternakan. Ketersediaannya yang melimpah, terutama di negara pertanian seperti Indonesia, menjadikan limbah pertanian sebagai sumber daya yang penting untuk memenuhi tantangan kebutuhan energi secara global. Penggunaan limbah tersebut bisa menjadi jawaban untuk masalah lingkungan yang disebabkan oleh limbah yang tidak terkelola dengan baik, sekaligus menawarkan alternatif bagi sumber energi fosil yang semakin menipis (Judijanto & Al-Amin, 2025).

Limbah pertanian, seperti jerami padi, tongkol jagung, sekam padi, dan ampas tebu, memiliki kandungan energi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui berbagai teknologi. Salah satunya adalah biogas, yang dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik tanpa oksigen dan dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak maupun pembangkit listrik skala kecil. Selain itu, terdapat teknologi gasifikasi, yaitu proses mengubah biomassa padat menjadi gas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dan panas. Teknologi lainnya adalah biohidrogen, yang dapat diproduksi melalui proses fermentasi bahan organik tertentu dari kegiatan pertanian dan berpotensi dikembangkan sebagai sumber energi yang lebih bersih.

Meskipun memiliki potensi yang besar, pengembangan energi biomassa masih menghadapi sejumlah kendala. Biaya investasi awal untuk pembangunan instalasi pengolahan, seperti digester, fasilitas pirolisis, dan produksi pelet biomassa, relatif tinggi. Selain itu, keterbatasan infrastruktur di wilayah pedesaan menyebabkan proses pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pendistribusian energi belum berjalan secara optimal. Ketersediaan bahan baku juga dipengaruhi oleh musim panen sehingga diperlukan koordinasi antara petani, pelaku industri, dan pemerintah untuk menjaga kesinambungan pasokan. Di samping itu, pemahaman masyarakat mengenai teknologi biomassa masih perlu ditingkatkan melalui edukasi dan pendampingan. Pemanfaatan limbah pertanian juga harus mempertimbangkan kebutuhan lain, karena sebagian limbah masih digunakan sebagai pupuk organik maupun pakan ternak.

Potensi biomassa di Indonesia menunjukkan peluang pemanfaatan limbah pertanian sebagai salah satu sumber energi alternatif. Menurut (Kumalasari et al., 2025) potensi biomassa dari sektor pertanian dan kehutanan diperkirakan mencapai 756,1 juta GJ per tahun, dengan kapasitas pembangkit listrik sekitar 24 GW. Selain itu, potensi energi bruto dari limbah tanaman pangan diperkirakan sebesar 1.596 PJ per tahun, dengan jerami padi sebagai salah satu sumber yang berkontribusi besar. Kedua angka tersebut berasal dari cakupan sumber daya yang berbeda sehingga tidak dapat dijumlahkan atau dibandingkan secara langsung. Nilai tersebut menunjukkan perkiraan potensi energi, bukan jumlah energi yang telah dihasilkan. Dengan demikian, pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi perlu memperhatikan ketersediaan bahan baku, karakteristik limbah, penggunaannya untuk keperluan lain, serta kecocokan teknologi pengolahan yang diterapkan.

Potensi limbah pertanian sebagai sumber energi biomassa tidak hanya dipengaruhi oleh kuantitas limbah yang dihasilkan, tetapi juga oleh karakteristik material dan kemampuannya untuk diubah menjadi energi. Setiap tipe limbah memiliki sifat fisik dan kimia yang unik, sehingga penggunaannya harus disesuaikan dengan karakteristik bahan baku yang ada. Beberapa limbah mengandung elemen lignoselulosa, yakni selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang dapat dimanfaatkan melalui proses konversi tertentu. Selain itu, faktor seperti nilai kalori, kadar air, ukuran bahan, dan kepadatan biomassa juga menjadi pertimbangan krusial dalam menentukan kelayakannya sebagai bahan bakar. Dengan demikian, limbah yang ada dalam jumlah banyak tidak selalu menjadi sumber energi yang paling efektif jika karakteristiknya tidak cocok dengan teknologi pengolahan yang digunakan (Tambunan et al., 2025).

Pengubahan limbah dari sektor pertanian menjadi biopelet merupakan salah satu langkah untuk meningkatkan kegunaannya sebagai sumber energi biomassa. Biopelet ialah bahan bakar berbentuk pelet yang dihasilkan dari biomassa, dan bisa digunakan sebagai penyedia energi panas. Dalam proses pembuatannya, perhatian harus diberikan pada komposisi bahan yang digunakan serta jenis perekat, karena hal ini dapat memengaruhi sifat produk akhir. (Lukmanto & Banowati, 2024) melakukan studi mengenai pembuatan biopelet menggunakan campuran tandan kosong dari kelapa sawit dan sekam padi dengan variasi jenis dan konsentrasi perekat. Parameter yang diuji mencakup nilai kalor, kandungan air, kadar abu, kandungan zat terbang, densitas, dan laju pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis dan konsentrasi perekat dapat mempengaruhi berbagai karakteristik dari biopelet. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pengolahan serta pengujian kualitas dalam pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar agar produk yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Kualitas biomassa sebagai bahan bakar juga berkaitan dengan nilai kalor, kandungan air, kadar abu, dan jumlah zat terbang. Nilai kalor menunjukkan besaran energi panas yang dapat dilepaskan saat bahan bakar digunakan, sedangkan kadar air berpengaruh pada jumlah energi yang tersedia karena sebagian dari energi panas digunakan untuk menguapkan air di dalam bahan. Kadar abu juga penting untuk dipertimbangkan karena mencerminkan sisa mineral setelah proses pembakaran. Jika karakteristik tersebut tidak memenuhi ekspektasi peralatan yang dipakai, maka pemanfaatan biomassa menjadi kurang efisien. (Vegatama, 2022) menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan baku dalam pembuatan biobriket menyebabkan perbedaan pada nilai kalor serta karakteristik proksimat. Oleh karena itu, pengujian kualitas bahan bakar sangat diperlukan untuk memastikan kesesuaiannya dengan rencana penggunaan.

Selain menggunakan bahan bakar padat, limbah dari sektor pertanian dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi melalui prosedur konversi termal, termasuk gasifikasi. Proses ini mengubah biomassa menjadi gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan memanfaatkan udara atau oksigen dalam jumlah terbatas. Gas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan penghangatan atau dikembangkan lebih lanjut untuk pembangkit listrik melalui sistem yang tepat. Pemanfaatan gasifikasi menunjukkan bahwa limbah pertanian tidak hanya bisa dipakai secara langsung, tetapi juga dapat diolah menjadi bentuk energi lainnya. Namun, penerapannya memerlukan teknologi yang sesuai dengan sifat bahan, pengendalian proses, dan penanganan hasil konversi. Oleh karena itu, pemilihan teknologi harus mempertimbangkan tujuan pemanfaatan energi serta kemampuan operasional dan perawatan peralatan. Salah satu penelitian mengenai jerami padi sebagai bahan baku gasifikasi menunjukkan bahwa pemanfaatannya untuk pembangkit listrik perlu dievaluasi berdasarkan kuantitas bahan baku dan efisiensi sistem yang digunakan (Priscillia, 2025).

Namun, penggunaan limbah dari sektor pertanian sebagai sumber energi terbarukan menghadapi beberapa rintangan. Salah satu masalah yang paling signifikan adalah kurangnya infrastruktur dan teknologi yang mampu mengolah limbah dengan efisien. Biaya untuk investasi dalam teknologi pengolahan limbah, seperti biodigester untuk menghasilkan biogas atau fasilitas pembangkit biomassa, masih terlalu tinggi bagi banyak petani serta pelaku usaha kecil. Selain itu, rendahnya pemahaman masyarakat mengenai potensi limbah sebagai sumber energi juga menjadi tantangan lain yang harus diatasi dengan pendidikan dan pelatihan yang tepat.

Penggunaan limbah pertanian tidak hanya menyediakan solusi teknis untuk kebutuhan energi, tetapi juga memiliki dampak sosial dan lingkungan yang positif. Dengan menggabungkan elemen teknis, kebijakan, dan penguatan masyarakat, transformasi limbah

menjadi sumber energi bisa menjadi langkah penting dalam peralihan menuju ekonomi berbasis energi terbarukan. Penekanan terhadap pemanfaatan limbah pertanian juga dapat membuka peluang baru dalam mendukung inovasi teknologi ramah lingkungan di bidang energi. Oleh karena itu, limbah pertanian seharusnya tidak dipandang sebagai beban, melainkan sebagai sumber daya yang berharga. Ketika diberdayakan secara optimal, limbah ini bisa menjadi salah satu kunci untuk mencapai masa depan energi yang berkelanjutan. Berbagai tantangan yang ada perlu dijawab melalui kolaborasi yang kuat antara semua pihak, sehingga potensi besar ini dapat terwujud secara nyata dalam usaha mewujudkan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan inklusif (Judijanto & Al-Amin, 2025).

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber energi alternatif perlu mempertimbangkan jenis bahan baku dan teknologi pengolahannya. Lukmanto dan Banowati (2024) menjelaskan bahwa kualitas biopelet dipengaruhi oleh jenis serta konsentrasi perekat yang digunakan. Sementara itu, Vegatama (2022) menyatakan bahwa komposisi bahan baku turut menentukan nilai kalor biobriket. Pada pemanfaatan jerami padi melalui proses gasifikasi, Priscillia (2025) menyoroti pentingnya ketersediaan bahan baku dan efisiensi sistem pengolahan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi biomassa perlu disesuaikan dengan karakteristik bahan yang tersedia agar proses pengolahan dapat berjalan secara optimal.

Dari segi ekonomi, pengolahan limbah pertanian menjadi biopelet dan biobriket dapat meningkatkan nilai guna bahan yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Adapun gasifikasi jerami padi berpotensi menghasilkan energi listrik maupun panas. Meskipun demikian, manfaat ekonomi yang diperoleh tidak hanya ditentukan oleh jumlah bahan baku, tetapi juga oleh kualitasnya, efisiensi teknologi, serta biaya pengumpulan, transportasi, dan pengolahan. Dengan demikian, pengembangan energi biomassa perlu mempertimbangkan kelayakan proses produksi agar pemanfaatannya dapat memberikan manfaat ekonomi secara berkelanjutan.

Pemanfaatan limbah pertanian juga perlu memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan dan kebutuhan masyarakat. Hal ini karena sebagian limbah masih memiliki kegunaan lain, seperti sebagai pakan ternak atau bahan organik untuk menjaga kesuburan tanah. Oleh sebab itu, tidak seluruh limbah pertanian dapat langsung dialihkan untuk produksi energi tanpa mempertimbangkan fungsi lainnya. Penentuan teknologi dan pengelolaan bahan baku perlu disesuaikan dengan kondisi setempat agar pemanfaatan biomassa mampu meningkatkan nilai ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

Dari perspektif ekonomi berkelanjutan, pengembangan biomassa tidak cukup hanya mengandalkan ketersediaan limbah, tetapi juga perlu mempertimbangkan biaya pengolahan,

kesinambungan pasokan, dan dampak lingkungan. Selain itu, pemanfaatan limbah harus tetap memperhatikan kebutuhan lain, seperti pakan ternak dan kesuburan tanah. Oleh karena itu, pemilihan teknologi yang sesuai dengan potensi wilayah dan kemampuan masyarakat menjadi penting agar limbah pertanian dapat menghasilkan energi sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi secara berkelanjutan.

Pemanfaatan Biomassa sebagai Energi Alternatif

Biomassa bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui beragam teknologi pengolahan yang menghasilkan energi panas, listrik, biogas, dan bioetanol. Pemanfaatan ini disesuaikan dengan sifat bahan baku dan permintaan energi yang ada. Biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar secara langsung, dicampurkan dengan bahan bakar tradisional, atau diolah terlebih dahulu melalui proses biologis dan kimia. Dengan demikian, penggunaan biomassa tidak hanya terbatas pada pembakaran bahan organik, tetapi juga mencakup proses konversi yang menciptakan bentuk energi lain sesuai dengan keperluan pengguna. Salah satu contoh pemanfaatan biomassa adalah penggunaan sampah pertanian sebagai campuran bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan teknologi *co-firing*. (Praevia & Widayat, 2022) membahas penerapan tandan kosong kelapa sawit sebagai tambahan batu bara di pembangkit listrik. Dalam praktiknya, biomassa digabungkan dengan batu bara untuk mendukung proses pembakaran dan produksi uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Teknologi ini memungkinkan sebagian konsumsi bahan bakar fosil digantikan dengan biomassa. Namun, karakteristik bahan bakar, terutama kandungan air dan nilai kalor, harus diperhatikan agar proses pembakaran sesuai dengan kebutuhan operasional pembangkit.

Selain penggunaan biomassa melalui metode *co-firing*, sisa-sisa pertanian dapat diolah menjadi bahan bakar padat dalam bentuk briket. Salah satu sumber yang dapat dimanfaatkan adalah tongkol jagung, yang memiliki potensi untuk diproses menjadi produk energi yang memiliki nilai lebih. (MTA et al., 2024) membahas penerapan limbah tongkol jagung sebagai bahan dasar pembuatan briket. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan mengolah tongkol jagung, nilai limbah dapat ditingkatkan dan memberikan kesempatan untuk dijadikan sumber energi terbarukan. Dari perspektif ekonomi yang berkelanjutan, proses ini memiliki potensi untuk menambah nilai pada sisa pertanian yang sebelumnya belum dimanfaatkan dengan sebaiknya. Namun, keuntungan tersebut perlu mempertimbangkan faktor biaya pengolahan, ketersediaan bahan baku, serta kebutuhan energi para pengguna agar implementasinya dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Bentuk pemanfaatan yang selanjutnya adalah pembuatan biogas dari bahan sisa organik. Prosedur ini dilakukan melalui penguraian material organik oleh mikroba dalam keadaan tanpa udara atau anaerob. (Pasaribu & Kusdiyantini, 2021) membahas pemanfaatan air limbah dari pabrik kelapa sawit untuk menghasilkan biogas yang dapat dijadikan sumber energi listrik. Dalam proses ini, komponen organik yang ada dalam limbah dimanfaatkan untuk memproduksi gas yang kemudian bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Pemanfaatan ini mengintegrasikan pengolahan limbah dengan penyediaan energi, sehingga limbah industri yang sebelumnya memerlukan penanganan dapat dimanfaatkan kembali. Tingkat efektivitasnya tetap bergantung pada karakteristik limbah, kapasitas fasilitas, dan pengelolaan proses dalam produksi biogas.

Biomassa juga dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair berupa bioetanol. (Mulyadi et al., 2023) meneliti pembuatan bioetanol dari limbah kulit buah sukun melalui proses hidrolisis dan fermentasi memakai ragi Saccharomyces cerevisiae. Proses tersebut bermaksud mengubah kandungan karbohidrat dalam bahan organik menjadi gula yang selanjutnya difermentasi menjadi etanol. Riset ini menunjukkan bahwa kondisi fermentasi, termasuk konsentrasi ragi yang digunakan, dapat memengaruhi kadar etanol yang dihasilkan. Dengan demikian, pengolahan biomassa menjadi bioetanol memerlukan pengaturan proses yang sesuai agar produk yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang diharapkan.

(Sulaiman et al., 2024) meneliti pemanfaatan limbah organik untuk menghasilkan bioetanol dari campuran kulit nanas dan buah pisang hutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah buah dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat bahan bakar cair. Sementara itu, (Ihtifazhuddin et al., 2024) membahas pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui beberapa tahap, yaitu hidrolisis, fermentasi, distilasi, dan adsorpsi. Mereka juga menguji bioetanol tersebut sebagai campuran Pertalite. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa biomassa perlu melalui proses konversi dan pengujian kualitas sebelum digunakan sebagai bahan bakar. Kadar etanol, kemurnian, dan karakteristik campuran perlu diperhatikan untuk menentukan apakah bioetanol cocok digunakan sebagai bahan bakar.

Berdasarkan penelitian yang telah dibahas, pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif bergantung pada jenis bahan baku dan teknologi pengolahannya. Teknologi *co-firing* menggunakan biomassa sebagai campuran batu bara untuk menghasilkan listrik, sedangkan biogas dan bioetanol memerlukan proses pengolahan khusus untuk menghasilkan bahan bakar berbentuk gas dan cair. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pemilihan teknologi perlu disesuaikan dengan karakteristik limbah dan kebutuhan energi. Meskipun prosesnya berbeda, ketiga teknologi tersebut berpotensi meningkatkan nilai guna limbah organik. Namun,

penerapannya masih dipengaruhi oleh kualitas bahan baku, kesiapan fasilitas, dan biaya pengolahan. Oleh karena itu, pemanfaatan biomassa perlu mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomi agar mampu memberikan nilai tambah serta mendukung ekonomi berkelanjutan.

Tantangan dan Strategi Pengembangan Energi Biomassa

Ketersediaan limbah pertanian untuk dijadikan bahan energi biomassa dipengaruhi oleh waktu panen, lokasi dari bahan baku, serta kebutuhan pemanfaatan lainnya. Jerami padi, sekam, dan tongkol jagung tidak selalu dapat ditemukan dalam jumlah yang konsisten sepanjang tahun, sehingga perlu ada perencanaan yang matang dalam hal pengumpulan dan penyimpanan. Selain itu, semakin jauh jarak dari sumber limbah menuju fasilitas pengolahan, maka semakin tinggi biaya transportasi yang mungkin timbul. Limbah pertanian juga masih digunakan untuk berbagai keperluan lain, seperti makanan ternak dan bahan organik untuk menjaga kesuburan tanah. Dengan demikian, penggunaan limbah sebagai sumber energi harus mempertimbangkan kebutuhan tersebut sehingga tidak mengurangi manfaat yang ada untuk aktivitas pertanian. Semua faktor ini harus diperhitungkan untuk mengevaluasi ketersediaan bahan baku serta kelayakan ekonomi penggunaan biomassa (Primadanty, 2023).

Persoalan berikutnya menyangkut teknologi pengolahan dan besarnya investasi yang dibutuhkan. Limbah pertanian memiliki karakteristik yang beragam sehingga tidak semuanya dapat diolah dengan teknologi yang sama. Sebagian jenis bahan harus melalui tahap pendahuluan, seperti pengeringan atau pencacahan, sebelum dapat dikonversi menjadi energi. Di samping itu, pembangunan fasilitas pengolahan menuntut modal yang besar serta kemampuan teknis yang memadai. (Rahmansyah et al., 2021) mengemukakan bahwa pengembangan pabrik biomassa masih menghadapi hambatan berupa tingginya biaya, rendahnya kepercayaan terhadap teknologi baru, ketidakpastian hasil dan keuntungan, serta persoalan keandalan operasional. Ditinjau dari sisi ekonomi, tantangan utamanya adalah memastikan bahwa ongkos pengolahan tidak melampaui manfaat finansial yang diperoleh. Meskipun berasal dari limbah, bahan baku biomassa tidak selalu bisa didapat secara gratis. Kegiatan pengumpulan, penyortiran, pengangkutan, penyimpanan, hingga pengolahan tetap menimbulkan biaya. Apabila biaya-biaya itu terlalu besar, energi yang dihasilkan akan sulit bersaing dengan sumber energi lain. Karena itu, kajian kelayakan perlu mencakup seluruh rantai kegiatan, tidak terbatas pada harga bahan baku saja.

Langkah pertama untuk menjawab persoalan ini adalah menyusun sistem pengumpulan bahan baku yang terkelola dengan baik. Pengumpulan limbah dapat dijalankan melalui kerja sama antara petani, kelompok tani, pengelola fasilitas pengolahan, dan pengguna energi. Kolaborasi ini penting untuk menjaga konsistensi volume dan jadwal pasokan. Selain itu,

lokasi pengolahan yang berdekatan dengan sumber limbah layak dipertimbangkan guna menekan ongkos pengangkutan.

Langkah kedua adalah memilih teknologi sesuai dengan karakteristik bahan baku dan kebutuhan energi. Setiap jenis limbah tidak semestinya diolah dengan satu metode yang sama. Pemilihan teknologi perlu mempertimbangkan kandungan air, komposisi bahan organik, ketersediaan bahan, kapasitas pengolahan, dan biaya operasional. Sebelum diterapkan secara luas, teknologi sebaiknya diuji lebih dahulu untuk memastikan proses berjalan stabil dan jumlah energi yang dihasilkan sesuai harapan. Pendekatan ini sejalan dengan gagasan pengembangan fasilitas biomassa yang mengolah bahan pertanian menjadi energi sekaligus produk bernilai tambah (Rahmansyah et al., 2021).

Langkah ketiga adalah meningkatkan aspek ekonomi melalui penggunaan produk sampingan dari proses pengolahan biomassa. Dalam mengevaluasi kelayakan ekonomi, penting untuk (Prawitasari, 2025) memperhatikan pengeluaran awal, biaya operasional, harga atau biaya pengadaan bahan utama, serta kemungkinan keuntungan ekonomi dari produk sampingan yang dihasilkan. melalui studi mengenai pemanfaatan limbah pertanian padi dengan pendekatan biorefineri, menunjukkan bahwa pengolahan biomassa dapat menciptakan berbagai produk bioenergi dan produk sampingan yang juga perlu dipertimbangkan dalam analisis ekonomi. Salah satu produk sampingan yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan ialah biochar yang dapat mendukung kesuburan tanah. Oleh karena itu, penggunaan produk sampingan bisa menjadi sumber tambahan keuntungan, namun kontribusinya terhadap kelayakan ekonomi harus tetap dinilai berdasarkan biaya pengolahan, potensi pendapatan, dan kesempatan pemanfaatan produknya.

Langkah keempat adalah memperkuat dukungan kelembagaan dan kebijakan. Pengembangan biomassa menuntut kerja sama antara sektor pertanian, energi, industri, dan pemerintah. Dukungan tersebut dapat berupa pendampingan teknis, akses pendanaan, pembangunan fasilitas pengolahan, serta kepastian mengenai mekanisme pemanfaatan energi yang dihasilkan. (Primadanty, 2023) menegaskan bahwa kendala pengembangan dan kebijakan pemerintah merupakan unsur penting dalam pembahasan potensi biomassa bagi transisi energi di Indonesia.

Berdasarkan analisis terhadap studi-studi sebelumnya, ada kesamaan bahwa keberhasilan dalam menggunakan energi biomassa tidak hanya bergantung pada jumlah limbah pertanian yang ada, tetapi juga pada aspek kelayakan ekonomi dan kesiapan untuk implementasinya. Rahmansyah et al. (2021) menggaris bawahi tantangan terkait biaya, keyakinan terhadap teknologi yang baru, ketidakpastian hasil serta keuntungan, dan juga

keandalan operasional dalam proses pengembangan pabrik biomassa. Di sisi lain, Primadanty (2023) menekankan bahwa dukungan kebijakan sangat penting dalam pengembangan biomassa demi mendukung transisi energi di Indonesia. Perbandingan ini menunjukkan bahwa masalah ekonomi dan kesiapan operasional menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pengembangan biomassa, sementara bentuk dukungan yang dibutuhkan bisa bervariasi tergantung pada konteks penerapannya. Oleh sebab itu, strategi dalam memanfaatkan limbah pertanian harus disesuaikan dengan jenis dan ketersediaan bahan baku, kemampuan ekonomi pelaksana, kesiapan teknologi, serta dukungan kebijakan di daerah yang bersangkutan.

Dengan demikian, pengembangan energi biomassa perlu didukung oleh pengelolaan pasokan yang teratur, pemilihan teknologi yang sesuai, serta perhitungan biaya dan manfaat secara menyeluruh. Kerja sama antara petani, pelaku industri, dan pemerintah juga diperlukan agar pemanfaatan limbah pertanian dapat menghasilkan energi alternatif sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi secara berkelanjutan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian literatur, limbah dari sektor pertanian seperti sekam padi, jerami, tongkol jagung, dan ampas tebu memiliki peluang untuk digunakan sebagai sumber energi biomassa melalui metode pengolahan yang tepat. Studi yang diperiksa menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah pertanian bisa menjadi pilihan untuk menyediakan energi sekaligus menciptakan kesempatan untuk meningkatkan nilai dari sumber daya pertanian. Meskipun demikian, implementasinya masih menghadapi tantangan seperti biaya untuk investasi dan operasional, ketersediaan bahan baku, keterbatasan dalam teknologi yang ada, serta kesediaan untuk pengelolaan. Selain itu, penggunaan sisa-sisa tersebut perlu mempertimbangkan kebutuhan akan bahan organik agar kesuburan tanah tetap terjaga. Oleh karena itu, pengembangan energi biomassa dari limbah pertanian harus memperhatikan hubungan antara potensi bahan baku, kelayakan dari segi ekonomi, kesiapan teknologi yang ada, dan keberlanjutan untuk lingkungan.

Saran

Petani dan pelaku usaha diimbau untuk mengatur limbah pertanian dengan rencana yang jelas dan memilih teknologi pengolahan yang sesuai dengan sifat limbah serta kemampuan finansial mereka. Pemerintah berperan dalam memfasilitasi perkembangan energi biomassa melalui bantuan teknis, memberikan akses keuangan, serta menyediakan sarana pengolahan yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Kerja sama antara petani, pelaku usaha, dan

pemerintah sangat penting untuk memastikan ketersediaan bahan baku dan penggunaan energi biomassa. Dalam praktiknya, pengumpulan limbah pertanian harus mempertimbangkan kebutuhan bahan organik tanah untuk menjaga kesuburannya.

Penelitian mendatang disarankan untuk menilai aspek teknis dan ekonomi dari penggunaan energi biomassa yang dihasilkan dari limbah pertanian pada skala tertentu. Penelitian ini dapat meliputi analisis terhadap ketersediaan bahan utama, modal yang diperlukan, biaya operasional, kesesuaian teknologi yang digunakan, serta potensi keuntungan finansial dan efek lingkungan. Evaluasi yang didasarkan pada karakteristik lokal dan jenis limbah diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang peluang dan tantangan dalam implementasi energi biomassa.

DAFTAR REFERENSI

Artiningsih, N. K. A., et al. (2025). Pendampingan dan pelatihan pembuatan kerupuk cabe, kerupuk tomat pada UMKM Sekar Wangi, Kelurahan Pudak Payung, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. Jurnal Suara Pengabdian 45, 4(1). https://doi.org/10.56444/pengabdian45.v4i1.2489

Ihtifazhuddin, F., Yerizam, M., & Yuliati, S. (2024). Pembuatan bioetanol dari limbah kulit nanas untuk pencampuran Pertalite menjadi bahan bakar alternatif (Gasohol). JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 5(3), 10. https://doi.org/10.14710/jebt.2024.24136

Judijanto, L., & Al-Amin. (2025). Pengelolaan limbah pertanian sebagai sumber energi terbarukan. Prosiding Seminar Nasional Indonesia, 3(2), 61–70. https://sociohum.net/index.php/PROSIDINGNASIOANALG

Kumalasari, D. A., Khusniyah, & Muis, Z. Z. (2025). Kajian potensi pemanfaatan biomassa limbah pertanian untuk mewujudkan ekonomi berkelanjutan. Jurnal Salome: Multidisipliner Keilmuan, 3(3), 418–423. https://wikep.net/index.php/SALOME

MTA, A. A., SFA, N. A., Syawal, M., & Sari, R. A. (2024). Pemanfaatan limbah tongkol jagung (Zea mays) sebagai sumber energi baru terbarukan. Journal of Environment, Behavior and Engineering, 2(1), 19–25. https://journal.unibos.ac.id/jebe

Muhaimah, M., et al. (2026). Pengaruh variasi biokatalis lipase dari dedak padi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah. CHEMTAG Journal of Chemical Engineering, 7(1). https://doi.org/10.56444/cjce.v7i1.7028

Mulyadi, D., Mulyani, R., & Hidayah, L. (2023). Pengaruh konsentrasi ragi (Saccharomyces cerevisiae) pada proses fermentasi limbah kulit buah sukun (Artocarpus altilis) dalam pembuatan bioetanol. JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 4(3), 155–161. https://doi.org/10.14710/jebt.2023.17708

Nurhalizah, N., et al. (2025). Pengaruh durasi pengomposan dan jenis aktivator terhadap kandungan unsur hara makro kompos organik padat. CHEMTAG Journal of Chemical Engineering, 6(2). https://doi.org/10.56444/cjce.v6i2.6546

Pangaribuan, S., Siburian, A. S., & Sianipar, D. (2026). Pemanfaatan limbah sekam padi dan tongkol jagung sebagai briket biomassa ramah lingkungan melalui pemberdayaan kelompok tani di Desa Nagasaribu. Jurnal Pengabdian dan Eksplanasi Nusantara, 1(2), 41–47. https://doi.org/10.58586/jpen.v1i2.18

Pasaribu, D., & Kusdiyantini, E. (2021). Energi mandiri dengan pemanfaatan limbah cair pada industri pabrik kelapa sawit. JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2(3), 163–169.

https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11163

Prawitasari, D. A. (2025). Potensi limbah hasil pertanian padi menjadi sumber bioenergi melalui konsep biorefineri dengan pendekatan P-Graph dan analisis ekonomi teknik. AJIE: Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship, 9(1), 16–32. https://doi.org/10.20885/ajie.vol9.iss1.art2

Primadanty, R. P. (2023). Potensi biomassa dalam transisi energi di Indonesia. Parahyangan Economic Development Review, 2(2), 136–143. https://doi.org/10.26593/pedr.v2i2.7707

Rahayu, K., et al. (2025). Edukasi pembuatan pestisida alami sebagai upaya pertanian ramah lingkungan di Desa Cibangkong. Jurnal ABDIMAS Indonesia, 3(3). https://doi.org/10.59841/jai.v3i3.3404

Rahmansyah, M. S., Anugerah, S. H., & Mardiyanti, L. (2021). Kilang biomassa dari limbah pertanian dan perkebunan untuk pembangunan berkelanjutan. Jurnal Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 13(2), 76–85. https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.144

Rhofita, E. I. (2022). Optimalisasi sumber daya pertanian Indonesia untuk mendukung program ketahanan pangan dan energi nasional. Jurnal Ketahanan Nasional, 28(1), 81–99. https://doi.org/10.22146/jkn.71642

Sandika, P., Fauzi, A., & Buitenzorgy, M. (2026). Potensi ekonomi pemanfaatan dan pengelolaan sekam padi sebagai agro-energi di Kabupaten Cianjur. Indonesian Journal of Agricultural, Resource and Environmental Economics, 5(1), 13–25. https://doi.org/10.29244/0214pg24

Sanni, A. L., & Nurjannah, I. (2024). Pengaruh variasi komposisi bahan baku sekam padi, bonggol jagung dan perekat tapioka terhadap kualitas dan performa pembakaran briket biomassa. Jurnal Teknik Mesin UNESA, 13(2), 83–90. https://doi.org/10.26740/jtm.v13n02.p83-90

Sari, S., et al. (2024). Sosialisasi pemanfaatan sekam padi sebagai briket di Desa Sajau Hilir. Ekspresi: Publikasi Kegiatan Pengabdian Indonesia, 2(1). https://doi.org/10.62383/ekspresi.v2i1.481

Sulaiman, D., Huturlukitaningtyas, D. F., Sari, A. L. R., & Ulva, S. M. (2024). Uji karakteristik bioetanol campuran kulit nanas dan buah pisang hutan. JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 5(3), 8–16. https://doi.org/10.14710/jebt.2024.24059

Wahyuni, S., Frinaldi, A., & Lanin, D. (2024). Kajian potensi pembangkit listrik tenaga biomassa sawit. Jurnal Sains dan Ilmu Terapan, 7(2), 53–66. https://doi.org/10.59061/jsit.v7i2.852