

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i2.2749>

Analisis Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Risky Ananda^{1*}, Nanda Putri Miefthawati¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Jl. HR. Soebrantas KM. 15, Pekanbaru, 28293.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: 11950515203@students.uin-suska.ac.id

Abstract – This research was conducted in Limbukan Village, with a rice field area of 1,171 ha producing 5,855 tons of straw. The straw is currently not utilized, so it can potentially cause environmental pollution. The Limbukan area depends on electricity from PLN. In the face of the challenges of increasing energy demand, fluctuating energy prices and the negative environmental impact of unused straw waste, renewable energy assessment has become crucial for identifying sustainable alternatives. To overcome this problem, this research focuses on the potential of rice straw waste as a renewable energy source, with an emphasis on biogas fuel production. This research method involves the use of anaerobic fermentation to calculate biogas potential using Superpro Designer simulation. The research results show that rice straw waste has the potential to produce 208,393 m³ of biogas per day. Apart from that, by utilizing biogas fuel, this study also calculated the potential for electrical energy of 1,271,197.3 KWh. By using a 400 KW generator set, 1,200 Watts of electrical energy can be distributed to 333 residents' homes for approximately 24 hours. This research provides an overview of the potential for utilizing rice straw waste as a renewable energy source, especially in the context of biogas and electrical energy production. It is hoped that these findings can become a basis for developing sustainable solutions for managing agricultural waste and providing energy for local communities.

Abstrak - Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Limbukan, dengan luas lahan sawah 1.171 ha menghasilkan jerami sebanyak 5.855 ton. Jerami tersebut saat ini tidak dimanfaatkan, sehingga dapat berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Daerah Limbukan bergantung pada listrik dari PLN. Dalam menghadapi tantangan peningkatan permintaan energi, fluktuasi harga energi dan dampak lingkungan negatif dari limbah jerami yang tidak digunakan, penilaian energi terbarukan menjadi krusial untuk mengidentifikasi alternatif yang berkelanjutan. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini fokus pada potensi limbah jerami padi sebagai sumber energi terbarukan, dengan penekanan pada produksi bahan bakar biogas. Metode penelitian ini melibatkan penggunaan Fermentasi Anaerob untuk menghitung potensi biogas menggunakan Simulasi Superpro Designer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah jerami padi memiliki potensi menghasilkan biogas sebanyak 208.393 m³ per hari. Selain itu, dengan memanfaatkan bahan bakar biogas, kajian ini juga menghitung potensi energi listrik sebanyak 1.271.197,3 kWh. Dengan menggunakan generator set 400 kW, energi listrik sebesar 1.200 Watt dapat disalurkan ke 333 rumah warga selama kurang lebih 24 jam. Penelitian ini memberikan gambaran tentang potensi pemanfaatan limbah jerami padi sebagai sumber energi terbarukan, khususnya dalam konteks produksi biogas dan energi listrik. Temuan ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk pengembangan solusi berkelanjutan dalam mengelola limbah pertanian dan menyediakan energi bagi masyarakat setempat.

Keywords - Anaerobic Digestion, Biogas, Rice Straw.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara penghasil padi terbesar ketiga di dunia dan terbesar di Kawasan Asia

Tenggara. Oleh sebab itu budidaya padi dan rantai prosesnya memiliki posisi yang penting. Dengan produksi sebesar 57,049 juta ton, atau 8,77% dari seluruh produksi beras dunia, Indonesia adalah

negara yang menduduki peringkat ketiga diantara negara-negara penghasil beras di dunia [1]. Tanaman padi adalah salah satu komoditi penghasil beras utama di Indonesia. Akibatnya, hampir setiap daerah di Indonesia memiliki pusat pertanian padi, dan Payakumbuh adalah salah satunya.

Luas panen di payakumbuh pada tahun 2022 adalah 5.217 ha, dengan hasil produksi padi 7.792 ton, menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Payakumbuh. Produk samping seperti jerami, kulit dan bekatul dibuat selama proses produksi beras. Jerami padi adalah bagian yang paling penting dari padi yang tertinggal saat panen dan setelah gabah dirontokkan [2]. Studi dari Badan Litbang Pertanian menemukan bahwa 5–8 ton jerami padi dihasilkan dari 1 ha sawah [3]. Meskipun Payakumbuh memiliki potensi produksi padi yang besar, penduduknya belum mengelola limbah padi. Biasanya hanya dibiarkan membusuk atau dibakar. Karena nilai rasio Karbon (C) dan Nitrogen (N) yang tinggi pada jerami padi, hal ini dapat menghasilkan polutan yang dapat berdampak pada lingkungan dan menyumbang gas rumah kaca [4]. Teknologi biogas dari limbah jerami padi berpotensi untuk digunakan di Kota Payakumbuh, terutama di Kelurahan Limbukan, memiliki banyak potensi biomassa.

Persoalan limbah ini melibatkan banyak kelompok menggunakan jerami padi untuk diolah menjadi beragam produk yang bermanfaat, sehingga dapat mengurangi resiko polusi [5]. Bahan bakar biogas merupakan salah satu produk yang dapat mengurangi resiko polusi. Biogas terdiri dari beberapa komponen berupa Karbon dioksida (CO₂) dan Gas Metana (CH₄). Pemanfaatan jerami padi menjadi biogas dapat dilakukan dengan Metode Fermentasi Anaerob. Metode Fermentasi Anaerob merupakan metode pengolahan bahan organik melalui fermentasi tanpa menggunakan oksigen.

Penelitian terkait dengan biogas dari jerami padi telah beberapa dilakukan diantaranya penelitian [4] menganalisis potensi biomassa yang dimanfaatkan untuk bahan bakar pembangkit listrik dengan metode perbandingan nilai C/N. Kelebihan dari penelitian [4] adalah mengetahui Kandungan Karbon dan Nitrogen (C/N). Analisis metode perbandingan nilai C/N dapat membantu memahami kandungan karbon dan nitrogen dalam biomassa. Informasi ini penting untuk menentukan sejauh mana biomassa tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar dan dampaknya terhadap lingkungan dan kekurangan penelitian ini adalah teknologi konversi menjadi bahan bakar listrik masih terbatas

atau memerlukan pengembangan lebih lanjut. Penelitian [6] meneliti potensi jerami padi sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia.

Penelitian ini memanfaatkan beberapa data terdahulu. Kelebihan dari penelitian ini adalah penggunaan data terdahulu dapat memberikan landasan yang kuat untuk penelitian ini. Data tersebut dapat membantu dalam menentukan *trend*, perubahan potensi jerami padi dari waktu ke waktu, dan memberikan dasar perbandingan yang konsisten dan kekurangannya. Meskipun memanfaatkan data terdahulu, penelitian ini menghadapi keterbatasan dalam hal kelengkapan, akurasi atau relevansi data yang telah ada. Penelitian [7] membahas analisis biogas dari biomassa pertanian dan analisis ekonomi dengan Metode Fermentasi Anaerob yang dibantu dengan *Software Superpro*. Kelebihan dari penelitian ini dengan menggunakan *Software superpro* adalah dapat memberikan analisis ekonomi yang lebih mendalam dan komprehensif, memungkinkan pemodelan berbagai skenario dan faktor ekonomi yang mempengaruhi proyek biogas. Penelitian [8] membahas tentang analisis efek suhu yang ada pada produksi metana, kinetika, dan komunitas mikroba selama pencernaan anaerob keadaan padat, pada kajian ini dilakukan dengan eksperimen. Kelebihan penelitian ini yaitu penggunaan eksperimen memberikan keunggulan, karena dapat memberikan data langsung dan mengontrol variabel suhu secara spesifik yang sulit dilakukan pada situasi pengamatan alami.

Dalam penelitian terkait yang telah dikaji, fokus utama penelitian tersebut adalah pada estimasi potensi produksi biogas yang dapat dihasilkan dari pengolahan limbah jerami padi. Meskipun penelitian tersebut telah menyajikan data mengenai kuantitas biogas yang dapat dihasilkan, namun terdapat keterbatasan dalam analisisnya yaitu tidak diperinci atau dibahas kemampuan potensial Energi Biogas untuk diubah menjadi Daya Listrik. Oleh karena itu, informasi terkait konversi biogas menjadi sumber energi listrik tidak disajikan secara komprehensif dalam konteks penelitian tersebut.

Daerah Limbukan saat ini bergantung pada listrik dari PLN. Dalam menghadapi tantangan peningkatan permintaan energi, fluktuasi harga energi dan dampak lingkungan negatif dari limbah jerami yang tidak digunakan, penilaian energi terbarukan menjadi krusial untuk mengidentifikasi alternatif yang berkelanjutan.

Dengan demikian, pemanfaatan biogas harus didasarkan pada potensi yang ada karena penelitian yang dipaparkan sebelumnya hanya berfokus pada pengolahan dan potensi biogas dari jerami padi. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) adalah salah satu cara untuk menerapkannya. Dengan memanfaatkan potensi limbah jerami padi yang ada di sekitar kelurahan, diharapkan ketergantungan terhadap sumber daya energi fosil akan berkurang dan pemanfaatan sumber daya energi terbarukan akan meningkat, selain mengurangi beban listrik di Kelurahan Limbukan.

Limbah jerami padi adalah salah satu biomassa yang memiliki potensi yang cukup melimpah sebagai energi alternatif melalui penerapan teknologi biogas dengan cara Fermentasi Anaerob Digester. Teknologi biogas dari limbah jerami padi di Payakumbuh Selatan sangat berpotensi untuk diterapkan. Hasil biogas yang dihasilkan dari limbah jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk membangkitkan energi listrik.

Jerami padi yang menjadi bahan utama digunakan untuk membentuk biogas, lalu diubah menjadi energi listrik. Pada penelitian ini digunakan metode fermentasi yang dibantu dengan simulasi Superpro. Penelitian ini menggunakan Metode Fermentasi Anaerob yang dibantu dengan *software* superpro untuk menghasilkan biogas. Potensi biogas akan dihitung kemudian ditentukan nilai energi listrik yang dihasilkan dari jerami padi. Dengan metoda yang dibantu dengan simulasi memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap variabel, dapat direplikasi dengan mudah dan memungkinkan penelitian pada skala dan situasi yang sulit direalisasikan dalam eksperimen fisik.

Pemilihan metode simulasi oleh penulis dalam pelaksanaan penelitian ini dilatarbelakangi oleh sejumlah pertimbangan yang mendasar. Metode eksperimen yang umumnya melibatkan peralatan fisik dan kebutuhan bahan-bahan spesifik, cenderung memerlukan alokasi biaya yang signifikan dan waktu yang cukup lama. Kendala ini muncul seiring kompleksitas proses pengadaan dan pengaturan eksperimen fisik.

Keputusan ini juga tercermin dari kesulitan dalam mengendalikan variabel dalam eksperimen fisik, yang dapat menjadi aspek yang rumit dan menantang. Faktor-faktor ini antara lain mencakup kendala terkait dengan akurasi kontrol variabel, keterbatasan perangkat keras dan ketergantungan pada kondisi lingkungan yang sering kali sulit diatur

dengan tepat, sebagai alternatif metode simulasi dianggap lebih efisien dan fleksibel. Dengan menggunakan model simulasi, penelitian dapat dilakukan tanpa memerlukan peralatan fisik yang kompleks, mengurangi biaya dan waktu yang diperlukan. Selain itu, kontrol variabel dapat diatur dengan lebih akurat, memberikan keunggulan dalam mengatasi keterbatasan yang sering dihadapi dalam metode eksperimen fisik. Oleh karena itu, penggunaan metode simulasi dipandang sebagai solusi yang lebih praktis dan efektif untuk mencapai tujuan penelitian dengan meminimalkan keterbatasan yang timbul dari Pendekatan Eksperimental Fisik.

Berdasarkan penelitian terkait yang telah dilakukan, penelitian [7] hanya mengkaji potensi limbah jerami padi menjadi bahan bakar biogas. Kemudian pada penelitian [4] mengkaji tentang potensi limbah jerami padi menjadi bahan bakar biogas dengan menggunakan campuran kotoran sapi untuk bahan bakar generator. Pada penelitian ini merupakan gabungan kajian [7] dan penelitian [4] kajian yang dimana kajian potensi bahan bakar biogas dengan memanfaatkan limbah jerami padi menjadi energi listrik dengan menggunakan simulasi merujuk pada kajian [7]. Selanjutnya, kajian bahan bakar biogas menjadi energi listrik merujuk pada kajian [4].

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menghitung potensi energi terbarukan dari limbah jerami padi yang dapat dikembangkan di daerah Kelurahan Limbukan dan menghitung potensi energi listrik yang dihasilkan dari bahan bakar.

METODE

Pada kajian ini penulis mengambil studi kasus di Kelurahan limbukan. Kelurahan Limbukan terletak di kecamatan Payakumbuh Selatan yang mayoritas pekerjaan penduduk tersebut sebagai petani. Oleh sebab itu berdasarkan potensi yang ada dirasa perlu penerapan dalam pemanfaatan energi biogas dari limbah jerami padi. Kemudian kajian ini dimulai dari melakukan pengumpulan data dilanjutkan dengan simulasi dengan menggunakan *software* Superpro Designer. Lalu melakukan validasi jika kajian ini memiliki *error* yang kecil.

Pengumpulan Data Penelitian dan Data Parameter Proses

Tahapan ini menggunakan data primer dan data sekunder. Untuk pengambilan data penggunaan listrik dilaksanakan dengan melakukan wawancara.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Payakumbuh memiliki potensi padi yang tinggi, yang dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Luas Lahan Panen Kota Payakumbuh [2].

Luas Lahan (ha)			
Januari- September (2021)	Januari- September (2022)	Oktober- Desember (2021)	Oktober- Desember (2022)
3.679	3.551	1.291	1.666
Limbah Jerami (ton)			
Januari- September (2021)	Januari- September (2022)	Oktober- Desember (2021)	Oktober- Desember (2022)
18.395	17.755	6.455	8.330

Dari Tabel 1 dapat dikatakan bahwa potensi jerami padi dapat dihitung dengan menggunakan luas lahan panen di Kota Payakumbuh. Menurut [2] Setiap 1 ha luas lahan padi dapat menghasilkan limbah jerami padi sebanyak 5 ton. Dari data padi di Kota Payakumbuh memiliki potensi yang besar walaupun mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan.

Menurut Tabel 1 limbah jerami pada bulan Januari hingga September 2021 mengalami peningkatan, sedangkan pada pada bulan Oktober hingga ke Desember mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan dikarenakan terjadi kemarau yang lebih tinggi disbanding bulan sebelumnya. Ini menyebabkan kekeringan yang berdampak pada luas panen padi yang jauh lebih rendah. Jerami padi dapat dihasilkan ketika terjadi panen pada waktu 1 kali dalam 4 bulan. Jadi total limbah jerami padi pada tahun 2021 adalah 24.850 ton dan pada tahun 2022 adalah 26.085 ton.

Tabel 2. Data Luas Lahan Panen dan Limbah Jerami Padi Kelurahan Limbukan.

Luas Lahan		Limbah Jerami	
2021	2022	2021	2022
1.107 Ha	1.171 Ha	5.535 ton	5.855 ton

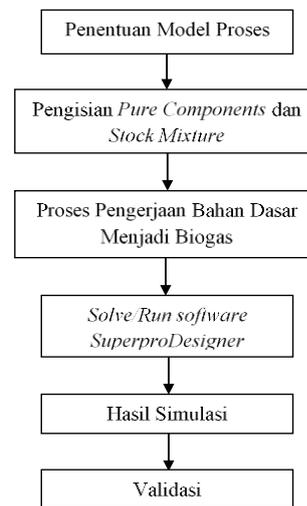
Menurut observasi dan wawancara dengan Kepala Kelurahan Limbukan terkait luas lahan panen padi memiliki potensi jerami padi yang cukup tinggi yang terlihat pada tabel 2. Analisis terhadap luas lahan panen padi dapat memberikan informasi penting untuk mengetahui jumlah limbah jerami. Pemahaman terkait dengan luas lahan panen padi dapat membantu menghitung potensi limbah jerami yang dihasilkan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga biogas dari limbah jerami padi.

Tabel 3. Kadar Limbah Jerami Padi [9].

Komponen	Kadar (%)
Cellulose	42,3
Hemicellulose	24
Lignin	22,4
Ash	5,1
Ect	6,2

Perhitungan Potensi Biogas Jerami Padi

Potensi jerami padi menjadi biogas ditentukan dengan Metode Fermentasi Anaerob dengan menggunakan *software Superpro Designer*. Alur pembuatan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Produksi Biogas dari Jerami padi dengan Menggunakan *Software Superpro*.

Adapun tahapan dalam merangkai simulasi dengan menggunakan *Software Superpro* yang meliputi penentuan unit, penentuan komponen, penentuan unit prosedur, penentuan aliran masukan dan keluaran.

Penentuan Model Proses

Dalam proses pembentukan biogas dengan *Software Superpro* memiliki beberapa tahapan model proses yang digunakan merupakan proses yang dilakukan setelah penentuan nilai komponen murni.

Tabel 4. Komponen Simulasi yang Digunakan pada *Software Superpro*.

Komponen	Fungsi
Grinding	Merupakan komponen yang berfungsi untuk pengurangan ukuran jerami padi dari bentuk kasar menjadi halus.
Fluid Flow	Merupakan jenis pompa yang digunakan untuk mentransfer fluida.
Mixing	Berfungsi untuk mencampurkan jerami padi dengan air.

Komponen	Fungsi
<i>Anaerobic Digestion</i>	Memproses seluruh material limbah organik untuk memecah bahan organik menjadi bahan sederhana

Pengisian Pure Components dan Stock Mixture

Komponen terdiri dari komponen murni atau disebut dengan *Pure Components* merupakan senyawa yang direaksikan pada saat simulasi, sedangkan *Stock Mixture* merupakan senyawa di dalam bahan baku yang akan diolah menjadi biogas.

Tabel 5. *Pure Components* [1].

Formula	Nama Lain
CH ₃ CO ₂ H	<i>Acetic Acid</i>
(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	<i>Cellulose</i>
C ₂ H ₅ OH	<i>Ethyl Alcohol</i>
CO ₂	<i>Carbon Dioxide</i>
C ₆ H ₁₂ O ₆	<i>Dextrose</i>
C ₆ H ₁₀ O ₅	<i>Hemicellulose</i>
C ₂₈₈ H ₃₁₈ O ₁₀₂	<i>Lignin</i>
H ₂ O	<i>Water</i>
CH ₄	<i>Methane</i>

Dalam konteks penelitian ini, tabel data *pure components* simulasi berfungsi sebagai kumpulan informasi komprehensif mengenai sifat-sifat senyawa yang menjadi input dalam proses simulasi. Setiap data *entry* dalam Tabel 5 menggambarkan secara terperinci parameter kunci seperti titik didih, titik leleh, tekanan kritis dan entalpi molar untuk setiap komponen memberikan pemahaman mendalam terhadap karakteristik masing-masing senyawa. Dengan demikian, Tabel 5 tidak hanya berperan sebagai alat deskriptif, namun juga sebagai fondasi yang kokoh untuk pengembangan model dan simulasi lanjutan. Keberadaannya tidak hanya mendukung kelengkapan analisis, tetapi juga meningkatkan akurasi dan keandalan hasil penelitian.

Proses Pengerjaan Bahan Dasar Menjadi Biogas

Proses ini dilakukan penyiapan dan pengolahan bahan baku dalam *Anaerobic Digester*. AD atau *Anaerobic Digester* adalah proses biologis mikroorganisme mencerna tanaman atau bahan hewan yang berasal dari sisa bahan makanan yang terbuang. Proses ini dilakukan di sebuah wadah tertutup yang kemudian akan menghasilkan gas metana atau biogas. Pada simulasi, *anaerobic digester* diatur temperatur pada 35°C dan pH 7.

Prosedur ini akan menghasilkan metana dan CO₂ melalui proses kimia yang dibantu oleh bakteri, termasuk hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis, dan metanogenesis. Pengolahan biogas dari limbah cair

membutuhkan komponen *Anaerobic Digester*, yaitu proses tertutup yang kekurangan oksigen bebas untuk menghasilkan gas biogas. Keluaran dari proses ini berupa jerami padi. Produk akhirnya adalah biogas, yang terdiri dari gas metana dan karbondioksida [1].

Validasi

Validasi yang dilakukan pada kajian ini adalah membandingkan dengan penelitian sebelumnya. Tujuan dari validasi tersebut adalah untuk menentukan sejauh mana hasil simulasi mencerminkan sistem yang sedang dimodelkan dan memastikan keakuratan dan validasi prediksi dari model simulasi. Menentukan validnya penelitian, serta *error* yang dimiliki penelitian sebelumnya tidak boleh melebihi 10%.

Pada kajian ini menggunakan Metode Validasi terhadap literatur ilmiah. Literatur ilmiah merupakan suatu proses penilaian dan konfirmasi keabsahan dan kredibilitas informasi yang digunakan dalam suatu penelitian dengan merujuk pada literatur atau penelitian ilmiah yang telah diterbitkan sebelumnya. Tujuan utama validasi terhadap literatur ilmiah adalah memastikan bahwa dasar teoritis, metode dan temuan yang diadopsi dari literatur adalah tepat, relevan, dan dapat diandalkan untuk mendukung kerangka penelitian yang sedang dijalankan.

Dari Tabel 6 didapatkan validasi hasil simulasi menggunakan *Software Superpro* yang menunjukkan bahwa pada kajian [4] volume jerami padi adalah 700 kg. Dari hasil parameter komposisi biogas terlihat bahwa terdapat ketidakakuratan nilai sebesar 4,8% menunjukkan tingkat kesalahan yang dapat diterima dan menandakan tingkat akurasi atau *error* yang memadai. Hal ini disebabkan beberapa faktor seperti PH, suhu dan mikroba. Pada proses ini ditentukan 1 jam proses simulasi. Simulasi yang menggunakan *software* akan mempercepat proses fermentasi untuk mengubah limbah jerami padi menjadi biogas dibanding melakukan eksperimen langsung yang membutuh waktu yang lebih lama.

Tabel 6. Validasi

Parameter	Penelitian	Validasi
Bahan Baku	Limbah Jerami Padi	Limbah Jerami Padi
Nilai Input	700 Kg/hari	700 Kg/hari
Kadar Biogas	80,00%	78,92%
<i>Volumetric Flow</i>	168 m ³	176,2267 m ³

Perhitungan Potensi Listrik

Kesebandingan nilai biogas dengan energi komersial bahan bakar seperti gas alam, solar, bensin dan listrik. Menurut penelitian [4] 1 m³ sebanding dengan energi listrik 6,1 kWh.

Kesebandingan sumber energi ini dapat merujuk pada perbandingan antara berbagai jenis sumber energi, seperti energi fosil (minyak, gas, batu bara), energi terbarukan (surya, angin, hidro) dan nuklir. Sehingga bisa mengefisiensi dampak lingkungan, dan ketersediaan. Untuk mengetahui potensi energi listrik yang dapat membangkitkan dengan menggunakan persamaan 1 [4].

$$E_{listrik} (kWh) = \frac{E_{gas} (m^3) \times KE}{1000} \quad (1)$$

Daya listrik diartikan sebagai energi listrik yang digunakan oleh suatu alat tiap satu satuan waktu. Secara matematis, daya listrik dirumuskan seperti persamaan berikut [4].

$$P = \frac{W}{t} \quad (2)$$

Keterangan:

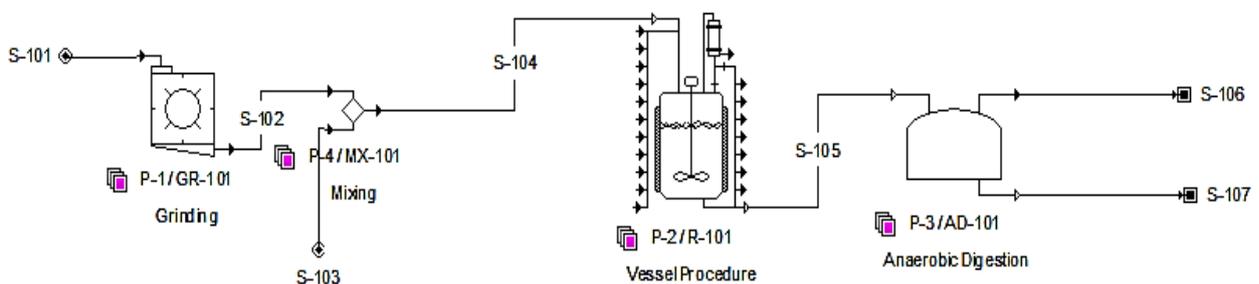
- P = Daya Listrik (Watt),
- W = Energi Listrik (Joule)
- t = Waktu (Sekon).

Total Rumah yang dapat disalurkan daya energi listrik dapat menggunakan persamaan seperti berikut [4].

$$N_{rumah} = \frac{P_{generator} (kW)}{P_{listrik} (watt)} \quad (3)$$

$$P_{pembebanan} (kW) = N_{rumah} \times P_{listrik} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Rangkaian Simulasi.

Pemanfaatan rangkaian dalam simulasi pembentukan biogas memungkinkan insinyur untuk memodelkan dan menganalisis berbagai skenario operasional, mengidentifikasi potensi masalah dan mengoptimalkan kinerja sistem. Integrasi rangkaian dalam simulasi memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap elemen-elemen kritis dalam sistem pembentukan biogas dan membantu dalam mengambil keputusan yang lebih baik untuk perencanaan, pengembangan dan pemeliharaan infrastruktur kelistrikan.

Pada Gambar 2, dengan menggunakan komponen pada Tabel 4 untuk membentuk rangkaian simulasi pada Gambar 2, limbah jerami yang telah dimasukkan ke dalam komponen penggiling (*Grinding*) mengalami proses pencacahan, menghasilkan partikel-partikel kecil yang mempermudah proses selanjutnya. Kemudian dengan *Fluid Flow* yang merupakan jenis pompa yang digunakan untuk mentransfer atau menyalurkan hasil pada proses sebelumnya menuju tahap proses selanjutnya. Setelah melalui proses *Grinding*, berikutnya melibatkan pencampuran limbah jerami yang telah dihancurkan dengan air (*Mixing*). Campuran ini kemudian menjalani fase fermentasi menggunakan *anaerobic digester*, suatu sistem yang memungkinkan proses berlangsung tanpa adanya udara (*Anaerobic Digestion*), fermentasi anaerobik adalah proses biologis di mana mikroorganisme bekerja secara efektif dalam kondisi tanpa oksigen untuk menguraikan materi organik. Dalam konteks ini, mikroorganisme tersebut akan menguraikan limbah jerami dan air yang dicampur, menghasilkan biogas sebagai produk hasil akhir. Pada proses akhir dengan menggunakan Komponen Anaerobic Digestion, biogas yang terdiri dari metana dan karbon dioksida, dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Proses ini bukan hanya membantu mengurangi limbah jerami yang dapat mencemari lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah berupa energi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

Potensi Biogas Jerami Padi

Setelah simulasi dijalankan, maka diperoleh hasil simulasi yang terlihat pada tabel 7. Dari hasil simulasi dengan menggunakan *Software Superpro* dengan limbah jerami padi dengan input 5.855 ton dapat menghasilkan *Volumetric Flow* sebesar 68.769.896 m³ per tahunnya sehingga biogas dapat dihasilkan 208.393 m³ perhari dengan mass composition 78,9283% gas methan dan 21,0717% karbon dioksida. Jika dibandingkan dengan penelitian [2] nilai biogas yang dihasilkan berkisar 168 m³ hal ini disebabkan karena limbah yang dihasilkan sebesar 700 Kg. ini artinya, makin besar potensi limbah jerami padi maka semakin besar nilai biogas yang dihasilkan.

Tabel 7. Hasil Simulasi Biogas Jerami Padi.

<i>Component</i>	<i>Mass Composition (%)</i>
Karbon Dioksida	21.0717
Gas Methan	78.9283

Potensi Energi Listrik dan Potensi Daya Biogas Jerami Padi

Nilai energi biogas 1 m³ sebanding dengan energi listrik berkisar 6,1 KWh, sehingga energi listrik yang dapat dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\text{Energi listrik} = \text{gas yang dihasilkan} \times \text{kesebandingan nilai energi}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi listrik} &= 208.393 \times 6.1 \\ \text{Energi listrik} &= 1.271.197,3 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Jadi energi listrik yang dapat dibangkitkan per jam dari proses biogas adalah 1.271.179 KWh, sedangkan kapasitas generator set yang dipakai di Kelurahan Limbukan 400 KW, dengan lamanya perencanaan selama 24 jam, maka dapat dihitung berapa lama generator set biogas dengan menggunakan persamaan 2.

$$\begin{aligned} P &= \frac{W}{t} \\ P &= \frac{1.271.197,3}{24} \\ P &= 52965,7 \text{ kw} \end{aligned}$$

Dengan merinci hasil perhitungan dari perencanaan energi listrik, ditemukan bahwa generator biogas dengan kapasitas 400 kW mampu memproduksi energi listrik sebesar 52,965.7 kW setiap harinya.

Tabel 8. Spesifikasi Generator.

Spesifikasi Generator Set CG132B-8	
<i>Fuel Type</i>	78.9283
<i>Max Electrical Efficiency</i>	43,1% / 42.1%
<i>Frequency</i>	50/60Hz
<i>RPM</i>	1500 or 1800 rpm
<i>Engine Model</i>	CG132-8
<i>Displacement</i>	1067.9 in ³
<i>Aspiration</i>	TA
<i>Bore</i>	5,2 in
<i>stroke</i>	6.3 in
<i>Length</i>	122 in
<i>Width</i>	70 in
<i>Height</i>	85 in

Dengan penggunaan yang optimal, energi listrik ini dapat diandalkan untuk operasional generator selama periode 24 jam secara terus-menerus. Perhitungan ini mencerminkan efisiensi dan potensi daya hasil dari generator biogas sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan.

Generator ini memenuhi sejumlah spesifikasi yang dibutuhkan untuk pengaplikasian sebagai pembangkit listrik tenaga biogas. Efisiensi tinggi dan kemampuan sinkronisasi membuat generator ini cocok untuk kebutuhan di Kelurahan Limbukan. Perawatan rutin yang terjadwal dan pemantauan terus-menerus diperlukan untuk memastikan kinerja yang optimal dan umur operasional yang panjang.

Hasil observasi yang dilakukan di beberapa rumah di Kelurahan Limbukan Kota Payakumbuh, untuk total rumah yang bisa disalurkan daya listrik sebesar 1200 Watt, perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total rumah disalurkan daya listrik} \\ &= \frac{\text{Daya generator}}{\text{daya listrik yang digunakan}} \end{aligned}$$

$$\text{Total rumah disalurkan daya listrik} = \frac{400 \text{ kW}}{1.200 \text{ Watt}}$$

$$\text{Total rumah disalurkan daya listrik} = 333 \text{ Rumah}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembebanan} &= \text{jumlah rumah} \\ &\times \text{daya listrik yang digunakan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembebanan} &= 333 \times 1.200 \\ \text{Pembebanan} &= 399.600 \text{ watt} \\ \text{Pembebanan} &= 399 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dalam kajian perhitungan menyeluruh terkait jumlah rumah dan pembebanan pada perencanaan energi listrik, terdapat bahwa kapasitas generator sebesar 400 kW mampu menyediakan daya listrik

yang memadai untuk mengaliri kebutuhan listrik 333 rumah selama periode 24 jam. Pada titik ini, pembebanan total yang dihasilkan mencapai 399 KW, menggambarkan ketersediaan daya listrik yang efisien dan optimal sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Hasil simulasi yang dilakukan mampu menghasilkan gas sebanyak 208.393 m³ per hari, yang selanjutnya dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan genset berkapasitas 400 kW. Dalam kondisi operasional yang optimal, generator ini mampu menyuplai daya listrik sebesar 1.200 kWh selama periode 24 jam.

Hasil dari konversi energi listrik tersebut mampu menyalurkan daya listrik sebesar 1.200 Watt ke 333 rumah tangga selama 24 jam. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa beban yang dihasilkan mencapai 399 kW, menunjukkan potensi daya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga dengan efisiensi dan kapasitas yang memadai.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini tidak hanya efektif dalam menghasilkan gas dan listrik, tetapi juga dapat memberikan dukungan daya listrik yang memadai untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dengan tingkat efisiensi yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu dalam pengumpulan data ini, terutama pihak-pihak daerah Kelurahan Limbukan.

REFERENSI

- [1] W. Rinaldi, S. Effendi, and F. Razi, "Pengaruh Ukuran Jerami, Penambahan Urea, dan Rasio Jerami-Air Terhadap Pembentukan Biogas," *J. Inov. Ramah Lingkungan.*, vol. 1, no. 2, pp. 10–15, 2020.
- [2] B. P. Statistik and P. S. Barat, "Luas Panen dan

Produksi Padi di Sumatera Barat 2021," vol. 2021, no. 56, pp. 1–16, 2022, [Online]. Available:

<https://sumsel.bps.go.id/publication/2022/08/01/f67af893749e719a53930448/luas-panen-dan-produksi-padi-di-sumatera-selatan-2021.html>.

- [3] Sumardi, "Melirik Kembali Jerami Padi," *Tabloid Sinar tani.com*, 2015. <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/mimbar-penyuluh/2807-melirik-kembali-jerami-padi> (accessed Apr. 05, 2023).
- [4] A. K. Rachman, D. Noto Sudjono, and H. Soebagio., "Studi perencanaan energi biomassa dari limbah padi sebagai alternatif untuk bahan bakar pembangkit listrik di kota bogor," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, pp. 1–14, 2018.
- [5] H. Anwar, T. Widjaja, and D. H. Prajitno, "Produksi Biogas dari Jerami Padi Menggunakan Cairan Rumen dan Kotoran Sapi," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i1.7406.1-10.
- [6] A. Haryanto, *Energi Terbarukan dari Jerami Padi: Review Potensi dan Tantangan Bagi Indonesia*. 2019.
- [7] M. Mel, A. S. H. Yong, Avicenna, S. I. Ihsan, and R. H. Setyobudi, "Simulation Study for Economic Analysis of Biogas Production from Agricultural Biomass," *Energy Procedia*, vol. 65, pp. 204–214, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.01.026.
- [8] Y. Liu *et al.*, "Change to biogas production in solid-state anaerobic digestion using rice straw as substrates at different temperatures," *Bioresour. Technol.*, vol. 293, no. July, p. 122066, 2019, doi: 10.1016/j.biortech.2019.122066.
- [9] https://www.cat.com/en_ZA/products/new/power-systems/electric-power/gas-generator-sets/15969935.html
- [10] G. N. Baroi, H. N. Gavala, P. Westermann, and I. V. Skiadas, "Fermentative production of butyric acid from wheat straw: Economic evaluation," *Ind. Crops Prod.*, vol. 104, no. April, pp. 68–80, 2017, doi: 10.1016/j.indcrop.2017.04.008.