



Potensi Air Limbah Tahu Sebagai Sumber Energi Terbarukan (Biogas) untuk Meningkatkan Ketahanan Energi Daerah

Nurkholis¹, Suyono Thamrin², Mohamad Sidik Boedoyo³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan, Indonesia

E-mail: cholis.zaini@gmail.com

| Article Info | Abstract |
|--|--|
| Article History Received: 2024-11-11 Revised: 2024-12-23 Published: 2025-01-13 | <p>This study aims to identify the potential of tofu wastewater into biogas energy in the city of Probolinggo. This study was motivated by the disposal of liquid tofu waste directly without processing. Disposal of this tofu waste will cause environmental damage because liquid tofu waste has a high organic content. In addition, by utilizing tofu waste as a renewable energy source in the form of biogas, it is possible to obtain economic benefits, especially related to operational costs. The study was conducted using a qualitative method. Data collection was carried out using three methods, namely interviews, observations, and documentation. The data obtained were then processed using an economic feasibility analysis to provide an overview of whether using the biogas energy source will have an impact on the economy in the tofu industry or not. The results of the analysis show that the potential for biogas energy sources made from liquid tofu waste can potentially have a positive impact on operations, especially related to electrical energy sources. The calculation results show that the Tahu Asri factory can produce around 13.65 kWh per day from 7 m³ of liquid waste, which is equivalent to 410 kWh per month.</p> |
| Keywords: <i>Biogas;</i> <i>Tofu Waste;</i> <i>Renewable Energy;</i> <i>Environmental Pollution;</i> <i>Energy Resilience.</i> | |

| Artikel Info | Abstrak |
|---|---|
| Sejarah Artikel Diterima: 2024-11-11 Direvisi: 2024-12-23 Dipublikasi: 2025-01-13 | <p>Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi limbah cair tahu menjadi energi biogas di Kota Probolinggo. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pembuangan limbah cair tahu secara langsung tanpa adanya pengolahan. Pembuangan limbah tahu ini akan menimbulkan kerusakan lingkungan karena limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Selain itu, dengan memanfaatkan limbah tahu sebagai sumber energi terbarukan berupa biogas, maka dimungkinkan untuk memperoleh keuntungan secara ekonomi terutama terkait dengan biaya operasional. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan tiga metode yaitu wawancara, observasi, dan dokumentasi. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan analisis kelayakan ekonomi untuk memberikan gambaran apakah penggunaan sumber energi biogas tersebut akan memberikan dampak terhadap perekonomian pada industri tahu atau tidak. Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi sumber energi biogas yang terbuat dari limbah cair tahu berpotensi memberikan dampak positif terhadap operasional terutama terkait dengan sumber energi listrik. Hasil perhitungan menunjukkan Pabrik Tahu Asri dapat menghasilkan sekitar 13,65 kWh per hari dari 7 m³ limbah cair atau setara dengan 410 kWh per bulan.</p> |
| Kata kunci: <i>Biogas;</i> <i>Limbah Tahu;</i> <i>Energi Terbarukan;</i> <i>Polusi Lingkungan;</i> <i>Ketahanan Energi.</i> | |

I. PENDAHULUAN

Kota Probolinggo memiliki luas wilayah sebesar 56,667 km². Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Probolinggo memiliki jumlah penduduk di tahun 2023 sebesar 245.174 jiwa serta laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,80%. Kota Probolinggo merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Timur yang terus berkembang pesat, seiring dengan kenaikan jumlah penduduk setiap tahun maka akan meningkatkan kebutuhan energi baik untuk bahan bakar minyak maupun untuk kebutuhan energi listrik.

Tahun 2023, jumlah UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) di Kota Probolinggo yang

terdaftar di kartu E-UMKM sejumlah 6.907 orang. Terdapat 10 Industri Kecil Menengah (IKM) khususnya di sektor industri tahu. Air limbah industri tahu yang ada di kota Probolinggo hingga saat ini belum ada jumlah yang pasti. Secara kualitas, air limbah tahu memiliki kandungan organik yang tinggi dan bisa mencemari lingkungan jika dibuang langsung ke badan air. Jika dikelola dengan baik, air limbah ini dapat menghasilkan gas metana (CH₄) dan dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran langsung atau bisa digunakan sebagai bahan bakar untuk energi listrik.

Biogas adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjadi solusi bagi kebutuhan energi alternatif. Umumnya, biogas dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (anaerobik). Sebagai sumber energi alternatif, biogas memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil. Biogas bersifat ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Kandungan energi dalam biogas setara dengan yang ada dalam bahan bakar fosil. Oleh karena itu, biogas sangat tepat untuk menggantikan minyak tanah, LPG, dan jenis bahan bakar fosil lainnya (Triyatno, 2008). Salah satu sumber energi biogas adalah air limbah industri tahu.

Proses produksi tahu menghasilkan 2 (dua) jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat biasanya digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah cair seringkali dibuang langsung ke lingkungan. Limbah cair dari pabrik tahu mengandung banyak senyawa organik yang tinggi. Tanpa pengolahan yang tepat, limbah tahu dapat menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran air, penyebaran penyakit, bau tidak sedap, peningkatan populasi nyamuk, dan menurunkan estetika lingkungan sekitarnya (Rahayu, 2009).

Dengan pengolahan yang tepat, gas metana yang terbentuk dari proses penguraian limbah tahu dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan terbarukan. Teknologi yang tepat memungkinkan pengubahan gas metana ini menjadi biogas, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kebutuhan sehari-hari. Pemanfaatan limbah tahu menjadi biogas tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan negatif tetapi juga menawarkan solusi ekonomi bagi industri tahu, dengan mengubah limbah yang biasanya merugikan menjadi sumber energi yang bermanfaat. Upaya ini juga mendukung agenda keberlanjutan dan ramah lingkungan dengan cara mengurangi emisi gas rumah kaca dan meminimalkan pencemaran lingkungan. Dalam hal ini, biogas menawarkan solusi yang lebih bersih dan berkelanjutan dibandingkan dengan bahan bakar fosil, yang berperan dalam pemanasan global dan pencemaran udara.

Potensi keuntungan secara ekonomi dari pemanfaatan air limbah tahu sebagai sumber energi terbarukan dapat dianalisis melalui pendekatan *cost-benefit ratio* (CBR) yang memperhitungkan besar keuntungan atau kerugian yang diperoleh para pelaku kegiatan usaha untuk mengetahui besar rasio dan

perbandingan dari revenue dan cost yang dihasilkan. Pada tahap awal, biaya yang dikeluarkan mencakup pembangunan instalasi pengolahan biogas, termasuk biaya teknologi digester, sistem distribusi, dan infrastruktur pengelolaan limbah. Meskipun investasi awal ini cukup besar, manfaat ekonomis yang diperoleh dalam jangka panjang jauh melebihi biaya tersebut. Pabrik tahu yang memanfaatkan air limbahnya untuk menghasilkan biogas dapat mengurangi biaya operasional yang selama ini dikeluarkan untuk kebutuhan energi, sehingga menciptakan efisiensi biaya yang signifikan. Keuntungan ekonomi juga dapat dilihat dari potensi pendapatan baru yang tercipta. Biogas yang dihasilkan dari air limbah tahu tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan energi internal pabrik, tetapi juga dapat dijual ke pihak ketiga, seperti masyarakat sekitar atau industri lain yang membutuhkan sumber energi terbarukan. Penjualan biogas ini membuka peluang bagi pabrik tahu untuk mendiversifikasi pendapatan mereka, meningkatkan profitabilitas, dan memperkuat posisi keuangan perusahaan. Selain itu, biaya pengelolaan limbah yang biasanya dibutuhkan untuk memproses dan membuang air limbah ke lingkungan dapat diminimalisasi, sehingga mengurangi pengeluaran terkait pembuangan limbah.

Dari perspektif eksternalitas positif, pemanfaatan air limbah tahu sebagai sumber energi terbarukan juga memberikan manfaat sosial dan lingkungan. Pengurangan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah menjadi biogas turut mendukung agenda mitigasi perubahan iklim, sehingga perusahaan dapat berkontribusi pada pencapaian target pembangunan berkelanjutan. Hal ini juga berdampak pada peningkatan reputasi perusahaan di mata publik dan investor, terutama di sektor energi hijau dan berkelanjutan. Dengan memperhitungkan beberapa aspek dalam *cost-benefit ratio* (CBR), pemanfaatan air limbah tahu sebagai biogas terbukti memberikan keuntungan ekonomi yang substansial, baik dari segi efisiensi biaya, diversifikasi pendapatan, maupun dampak positif bagi masyarakat dan lingkungan.

Mengingat pentingnya pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dan potensi biogas sebagai sumber energi alternatif, peneliti berfokus pada penelitian mengenai "**Potensi Air Limbah Tahu Sebagai Sumber Energi Terbarukan (Biogas) Untuk Meningkatkan Ketahanan Energi Daerah**". Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi air limbah tahu sebagai

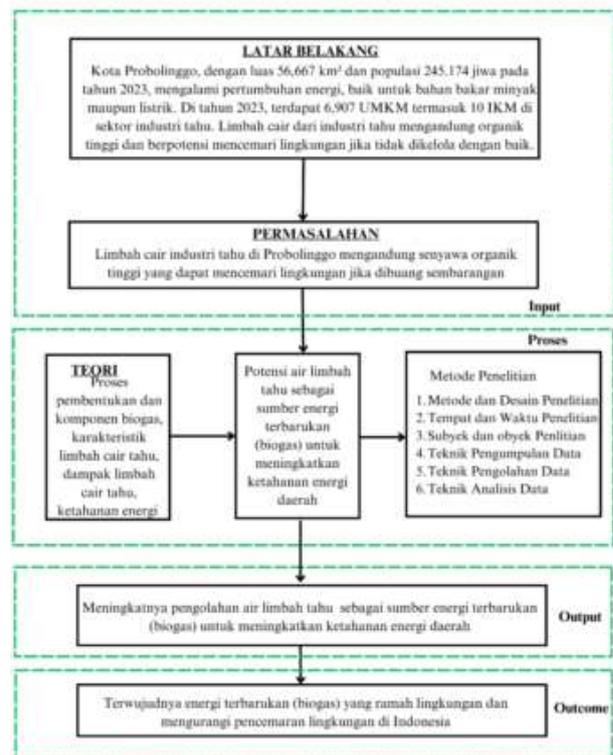
energi biogas, menilai kelayakan ekonomi, serta mengidentifikasi pemanfaatan biogas yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah tahu terhadap ketahanan energi di Kota Probolinggo.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif analitik. Teknik kualitatif adalah metode yang fokus pada pemahaman mendalam dari rumusan masalah penelitian. Data sekunder yang valid dari berbagai sumber akan dieksplorasi. Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui wawancara dengan narasumber, observasi lapangan, dan dokumentasi terkait kasus yang akan diteliti (Sodik & Siyoto, 2015).

1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan latar belakang kondisi Kota Probolinggo yang mengalami pertumbuhan populasi sebesar 2,80% per tahun pada tahun 2023, dengan kebutuhan energi yang meningkat, baik untuk bahan bakar fosil maupun listrik. Di kota tersebut, terdapat 6.907 UMKM termasuk 10 IKM di sektor industri tahu, yang limbah cairnya mengandung senyawa organik tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah limbah cair industri tahu yang dapat mencemari lingkungan jika dibuang sembarangan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cair tersebut sebagai sumber energi terbarukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan biogas yang dapat meningkatkan ketahanan energi daerah, serta memberikan solusi lingkungan dengan mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair tahu. Output yang diharapkan adalah pengolahan limbah cair tahu menjadi energi terbarukan, sementara outcome yang diinginkan adalah peningkatan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan penurunan tingkat pencemaran lingkungan di Kota Probolinggo.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah kegiatan terpenting dalam sebuah penelitian karena memungkinkan proses pengolahan dan analisis data berjalan sesuai tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian tersebut. Berikut teknik-teknik pengumpulan data dan penjelasan yang dipilih sesuai dengan kebutuhan peneliti :

- Interview (Wawancara)
- Dokumentasi
- Observasi
- d)



Gambar 2. Teknik Pengumpulan Data Interview (Wawancara)

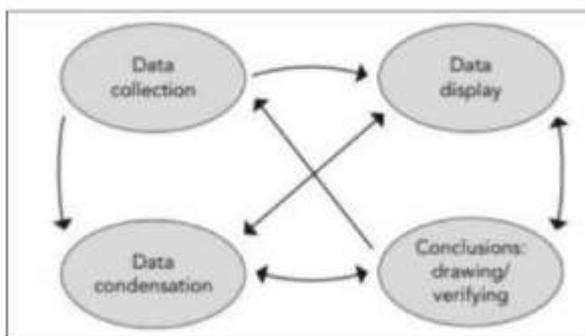
3. Teknik Pengolahan Data

pengolahan limbah tahu, mulai dari tahap produksi, pengumpulan, hingga pemrosesan

limbah. Data ini mencakup informasi tentang jenis dan volume limbah, teknologi yang digunakan, dan efisiensi proses saat ini. Selanjutnya, data mengenai pemanfaatan energi biogas yang dihasilkan, seperti kapasitas produksi biogas, penggunaan biogas untuk kebutuhan energi, serta dampak terhadap lingkungan dan ekonomi. Hasil pengolahan data ini akan digunakan untuk merancang sistem yang optimal, memastikan bahwa energi biogas dimanfaatkan secara maksimal, dan memberikan rekomendasi yang berbasis data untuk meningkatkan efisiensi serta keberlanjutan pengolahan limbah tahu di Kota Probolinggo.

4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang memerlukan analisis sejak awal penelitian, memungkinkan peneliti untuk menentukan proses penelitian berikutnya. Menurut Miles et al. (2018) dalam buku mereka yang berjudul "Metodologi Penelitian Kualitatif," proses analisis data kualitatif dimulai dengan menelaah seluruh data yang tersedia dari berbagai sumber seperti wawancara, observasi lapangan, dan dokumentasi. Setelah data ditelaah, langkah berikutnya adalah mereduksi data hingga mencapai tahap kategorisasi, dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang memudahkan peneliti dalam menyajikan data dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Miles, Huberman, dan Saldana.



Gambar 3. Teknik Analisis Data Kualitatif

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Analisis Kelayakan Ekonomi

a) Pabrik Tahu CV. Proma Tun Surroyan 2015

Bedasarkan data yang diberikan merupakan hasil analisis kelayakan ekonomi menggunakan R/C ratio pada CV. Proma Tun Surroyan 2015 menggambarkan kinerja usaha produksi tahu, dengan harga jual per tahu sebesar Rp 32.000 dan total penerimaan usaha sebesar Rp 15.035.000, jumlah produksi tahu dapat diperkirakan mencapai sekitar 255 bak, masing-masing bak menghasilkan ampas tempe yang memiliki nilai jual Rp. 25.000. Biaya produksi dengan total yang dikeluarkan mencapai Rp 4.441.429, terdiri dari berbagai komponen, termasuk harga kedelai Rp 2.520.000, bahan bakar kayu Rp 800.000, kain saringan Rp 71.428,6, tenaga kerja Rp 900.000, dan biaya tetap Rp 4.291.429. Pendapatan dari usaha kedelai tercatat sebesar Rp 3.718.571.

Nilai R/C ratio yang dihasilkan sebesar 1,8 usaha ini menunjukkan kinerja yang menguntungkan, artinya untuk setiap Rp 1 yang dikeluarkan, usaha ini menghasilkan Rp 1,8 sehingga, menunjukkan usaha produksi tahu CV. Proma Tun Suroyyan 2015 layak untuk keberlanjutan dan berpotensi memberikan laba yang signifikan, dengan pemahaman mendalam mengenai komponen biaya dan penerimaan, pengusaha dapat mengevaluasi strategi operasional untuk meningkatkan efisiensi dan profitabilitas yang baik.

Tabel 1. Kelayakan Ekonomi Pabrik Tahu CV. Proma Tun Surroyan 2015

| No. | Jenis Kegiatan | Jumlah (Rp) | Presentase Biaya (%) |
|-----|----------------------------------|-------------|----------------------|
| 1 | Jumlah Produksi Tahu | | |
| 2 | Haarga Jual Tahu | 32.000 | |
| 3 | Total Penerimaan Usaha Tani TR | 15.035.000 | |
| 4 | Biaya Produksi : | | |
| | Harga Kedelai | 2.520.000 | 17 |
| | Bahan Bakar Kayu | 800.000 | 5 |
| | Harga Kain Saringan | 71.429 | 0,48 |
| 5 | Tenaga Kerja | 900.000 | 6 |
| 6 | Biaya Tetap | 4.291.429 | 29 |
| 7 | Total Biaya Produksi TC | 4.441.429 | 30 |
| 8 | Pendapatan Usaha Tani Kedelai PD | 3.718.571 | |
| 9 | P/C Ratio | 1.837 | |

b) Pabrik Tahu Asri 1990

Bedasarkan data yang diberikan merupakan hasil analisis kelayakan ekonomi menggunakan R/C ratio pada Pabrik Tahu Asri 1990, dengan jumlah produksi sebesar 560 bak per hari dan harga jual Rp 30.000 per bak, total penerimaan usaha mencapai Rp 30.800.000, sehingga mampu menunjukkan bahwa usaha memiliki basis pendapatan yang solid. Dalam analisis biaya produksi, total biaya tercatat sebesar Rp 13.571.429 dari jumlah tersebut, harga kedelai mendominasi sebagai komponen biaya terbesar, menyumbang 27,3% dari total biaya, yaitu Rp 8.400.000. Selanjutnya, bahan bakar kayu menghabiskan Rp 400.000, yang setara dengan 1,3%, sedangkan harga kain saringan hanya Rp 71.429, atau 0,2%, upah kerja tercatat sebesar Rp 1.200.000, yang berkontribusi 3,9% terhadap total biaya. Selain itu, biaya tetap yang signifikan mencapai Rp 10.071.429, mencakup 32,7% dari total biaya. Pendapatan dari usaha kedelai tercatat sebesar Rp 17.228.571, yang menunjukkan hasil positif dari aspek produksi tahu. Analisis kelayakan ekonomi penting untuk memastikan kelangsungan usaha dan memberikan potensi laba yang lebih besar.

R/C ratio, yang mencapai 2,269, menjadi indikator kunci dari profitabilitas pabrik tahu asri 1190. Rasio tersebut menunjukkan bahwa untuk setiap Rp 1 yang dikeluarkan, usaha ini mampu menghasilkan sekitar Rp 2,27. Nilai menunjukkan bahwasannya usaha tidak hanya menutupi biaya, tetapi juga menghasilkan keuntungan yang signifikan.

Tabel 2. Kelayakan Ekonomi Pabrik Tahu Asri 1990

| No. | Jenis Kegiatan | Jumlah (Rp) | Presentase Biaya (%) |
|-----|----------------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Jumlah Produksi Tahu | 560 bak/hari | |
| 2 | Haarga Jual Tahu | 30.000 | |
| 3 | Total Penerimaan Usaha Tani TR | 30.800.000 | |
| 4 | Biaya Produksi : | | |
| | Harga Kedelai | 8.400.000 | 27% |
| | Bahan Bakar Kayu | 400.000 | 1.3% |
| | Harga Kain Saringan | 71.429 | 0.2% |
| 5 | Tenaga Kerja | 1.200.000 | 3.9% |
| 6 | Biaya Tetap | 10.071.429 | 32.7% |
| 7 | Total Biaya Produksi TC | 14.571.429 | 44.1% |
| 8 | Pendapatan Usaha Tani Kedelai PD | 17.228.571 | |
| 9 | P/C Ratio | 2.269 | |

2. Hasil Penggunaan Listrik dari Biogass Limbah Cair Tahu

a) Pabrik Tahu CV. Proma Tun Surroyan 2015

CV. PROMA, sebuah pabrik tahu, telah mengimplementasikan sistem pemanfaatan limbah air untuk menghasilkan biogas, sebuah langkah inovatif yang mendukung keberlanjutan dan efisiensi energi. Setiap hari, pabrik ini menggunakan 5 m³ air limbah untuk proses produksi biogas, yang menghasilkan sekitar 4,557 m³. biogas per hari. Biogas yang dihasilkan memiliki nilai kalor rata-rata sebesar 22 MJ/m³, yang memungkinkan pabrik memperoleh total energi dari biogas mencapai 100.694.000 Joule (J) setiap hari. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan volume biogas yang dihasilkan dengan nilai kalornya dan dikonversi ke dalam Joule dengan faktor 10⁶. Setelah biogas dihasilkan, energi tersebut dikonversi menjadi listrik menggunakan generator dengan efisiensi konversi sebesar 35%. Dari total energi biogas yang diperoleh, energi listrik yang dapat dihasilkan adalah sekitar 35.242.900 J.

Ketika energi ini dikonversi ke dalam satuan kilowatt-jam (kWh), yang merupakan satuan umum untuk listrik, hasilnya adalah sekitar 9,78 kWh per hari. Dalam konteks bulanan, dengan asumsi pabrik beroperasi setiap hari, total energi listrik yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 293 kWh. Ini menunjukkan potensi besar bagi CV. PROMA untuk mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN, serta menurunkan biaya operasional yang terkait dengan konsumsi energi listrik. Inisiatif ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya, tetapi juga memberikan dampak positif bagi lingkungan. Dengan memanfaatkan limbah air untuk menghasilkan biogas, pabrik ini berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengelolaan limbah yang lebih baik. Secara keseluruhan, upaya ini menggambarkan komitmen CV. PROMA untuk beroperasi dengan cara yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Total Energi Biogas dalam Joule (J)
Energi dari biogas dihitung menggunakan rumus berikut:

Total Energi Biogas (J) = Volume Biogas (m³) x Nilai Kalor Biogas (MJ/m³) x 10⁶
Dengan substitusi:

Total Energi Biogas (J) = 4,557 x 22 x 10⁶

Total Energi Biogas (J) = 100.694.000 J
Energi Listrik yang Dapat Dihasilkan setelah Konversi dengan Generator (J)

Dengan efisiensi konversi 35%, energi listrik yang dihasilkan setelah konversi adalah:

Energi Listrik (J) = Total Energi Biogas (J) x Efisiensi Generator

Energi Listrik (J) = 100.694.000 x 0,35

Energi Listrik (J) = 35.242.900 J

Konversi Kilowatt-jam (kWh)

1 kWh setara dengan 3,6 juta joule (J).

Maka, energi listrik yang dihasilkan dalam kWh: *Energi Listrik (kWh)* = *Energi Listrik (J)* / 3600000

Dengan substitusi: *Energi Listrik (kWh)* = 35.242.900 / 3600000

Energi Listrik (kWh) = 9,78 kWh/hari



Gambar 4. Biogas Digester

b) Pabrik Asri 1990

Tahu Asri, sebagai pabrik tahu yang inovatif, telah mengadopsi sistem pemanfaatan limbah air untuk menghasilkan biogas, berkontribusi pada keberlanjutan dan efisiensi energi. Setiap hari, pabrik ini menggunakan 7 m³ air limbah, yang menghasilkan sekitar 6,381 m³ biogas. Biogas yang dihasilkan memiliki nilai kalor rata-rata sebesar 22 MJ/m³, sehingga total energi yang dapat diperoleh dari biogas ini mencapai 140.382.000 Joule (J) per hari. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan volume biogas yang dihasilkan dengan nilai kalornya dan dikonversi ke dalam satuan Joule.

Setelah melalui proses konversi menggunakan generator dengan efisiensi 35%, energi listrik yang dapat dihasilkan dari total energi biogas tersebut adalah sekitar 49.133.700 J. Ketika dikonversi ke dalam satuan kilowatt-jam (kWh), energi listrik yang dihasilkan adalah sekitar 13,65 kWh per hari. Ini menunjukkan potensi signifikan bagi Tahu Asri untuk mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN.

Dengan produksi energi listrik yang mencapai sekitar 410 kWh per bulan, Tahu Asri tidak hanya mengurangi biaya operasional yang terkait dengan konsumsi listrik, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih baik dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Upaya ini mencerminkan komitmen Tahu Asri untuk beroperasi secara lebih berkelanjutan dan efisien, sekaligus mendukung penggunaan sumber daya yang ramah lingkungan. Inisiatif ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga berkontribusi pada perlindungan lingkungan, menjadikan Tahu Asri sebagai contoh bagi industri lain dalam penerapan teknologi berkelanjutan.

Total Energi Biogas dalam Joule (J)

Energi dari biogas dihitung menggunakan rumus berikut:

Total Energi Biogas (J) = Volume Biogas (m³) x Nilai Kalor Biogas (MJ/m³) x 10⁶
Dengan substitusi:

Total Energi Biogas (J) = 6,381 x 22 x 10⁶

Total Energi Biogas (J) = 140.382.000 J

Energi Listrik yang Dapat Dihasilkan setelah Konversi dengan Generator (J)

Dengan efisiensi konversi 35%, energi listrik yang dihasilkan setelah konversi adalah:

Energi Listrik (J) = Total Energi Biogas (J) x Efisiensi Generator

Energi Listrik (J) = 140.382.000 x 0,35

Energi Listrik (J) = 49.133.700 J

Konversi Kilowatt-jam (kWh)

1 kWh setara dengan 3,6 juta joule (J).

Maka, energi listrik yang dihasilkan dalam kWh: *Energi Listrik (kWh)* = *Energi Listrik (J)* / 3600000

Dengan substitusi: *Energi Listrik (kWh)* = 49133700 / 3600000

Energi Listrik (kWh) = 13,65 kWh/hari

B. Pembahasan

Langkah pengolahan limbah cair tahu, terdapat beberapa tahapan. Pengumpulan dan penyimpanan limbah cair tahu merupakan langkah awal dalam proses pengolahan untuk menghasilkan biogas. Proses dimulai dengan pengumpulan limbah secara sistematis dari area produksi tahu, berupa limbah cair dari sisa pengolahan kedelai yang mengandung bahan organik tinggi (Ridhuan, 2016). Penggunaan sistem saluran atau pipa yang efisien untuk mengalirkan limbah ke tangki penyimpanan sangat penting agar tidak terjadi kebocoran atau pencemaran lingkungan. Setelah dikumpulkan, limbah harus disimpan dalam tangki yang dirancang khusus, kedap udara, dan tahan terhadap korosi untuk mencegah oksidasi dan kehilangan zat organik yang dapat berfungsi sebagai substrat untuk fermentasi anaerobik (Ayuni et al., 2022).

Pre-treatment limbah adalah tahap penting dalam pengolahan limbah cair tahu sebelum masuk ke proses fermentasi anaerobik untuk menghasilkan biogas. Prosesnya melibatkan serangkaian langkah yang dirancang untuk meningkatkan ketersediaan bahan organik bagi mikroorganisme, sehingga meningkatkan efisiensi produksi biogas. Pertama, limbah cair harus dihancurkan atau dicampur untuk mencapai konsistensi yang homogen, dapat dilakukan dengan menggunakan pompa atau mixer yang efektif, untuk membantu memecah partikel-partikel besar dan meningkatkan kontak antara mikroba dan substrat (Hamzani et al., 2022). Pengaturan pH, perlu dilakukan dengan pH dalam rentang 6,5-8,5 karena kondisi tersebut untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme penghasil biogas.

Efisiensi pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas diperlukan ketepatan desain reaktor anaerobik. Reaktor dirancang untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme anaerobik yang menguraikan bahan organik. Desain yang digunakan adalah CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*), limbah dicampur secara terus-menerus untuk memastikan kontak substrat dan mikroba yang baik. Reaktor memiliki kemampuan dalam menjaga homogenitas campuran, sehingga proses fermentasi dapat berlangsung lebih efisien (Rakasiwi et al., 2019). Selain CSTR, terdapat reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) juga sering dipilih, dengan mekanisme limbah mengalir dari bawah ke

atas, memungkinkan mikroba mengendap dalam lapisan *sludge* yang mampu mempercepat proses penguraian. Reaktor UASB dilengkapi dengan sistem pemanas untuk menjaga suhu dalam rentang optimal, biasanya antara 30-60°C, tergantung pada jenis mikroorganisme yang digunakan. Pengaturan tekanan dalam reaktor digunakan untuk mencegah keluarnya gas sebelum dapat dimanfaatkan (Aditia Tristanto et al., 2019).

Optimasi kondisi operasional dalam pengolahan limbah cair tahu digunakan untuk memaksimalkan produksi biogas dan efisiensi fermentasi. Salah satu parameter kunci adalah suhu, stabilitas suhu dalam rentang optimal 30-40°C untuk kondisi mesofilik dan suhu dalam rentang 50-60°C untuk kondisi termofilik mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme penghasil biogas (Prayitno, 2020).

Pengelolaan nutrisi dilakukan untuk memastikan mikroorganisme penghasil biogas memiliki semua elemen yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktivitasnya. Bahan organik dalam limbah tahu memiliki kandungan karbon yang tinggi, namun tidak seimbang dengan kandungan nitrogen dan unsur mikro esensial untuk proses fermentasi (Nisrina & Andarani, 2018). Oleh karena itu, perlu melakukan penyesuaian rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) dalam campuran limbah, yang idealnya berada dalam kisaran 20:1 hingga 30:1. Jika rasio tersebut tidak seimbang, memicu penghambatan aktivitas mikroba dan menurunkan produksi biogas (Indriani, 2011).

Pengolahan sisa limbah cair tahu setelah proses produksi biogas tidak hanya berfokus pada pengurangan limbah, tetapi juga pada pemanfaatan kembali sumber daya yang dihasilkan. Setelah fermentasi, sisa padatan yang tertinggal di dalam reaktor mengandung nutrisi yang mampu dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Proses pengolahan limbah, selain mengurangi volume limbah yang tidak digunakan, tetapi juga memiliki nilai tambah bagi petani dan masyarakat yang membutuhkan pupuk berkualitas. Sisa padatan tersebut dapat diolah lebih lanjut agar kualitasnya terjamin seperti dengan proses pemanasan atau pengomposan (Sinthia Dewi, 2020).

Monitoring dalam proses pengolahan limbah cair tahu perlu efisiensi dan keberhasilan produksi biogas, dengan menggunakan teknologi sensor dan sistem

pemantauan real time, parameter kritis seperti suhu, pH, tekanan, dan kadar biogas yang dapat diawasi secara terus-menerus. Monitoring berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang mungkin muncul, seperti fluktuasi suhu dan ketidakseimbangan pH, yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan menurunkan hasil biogas (Arafat et al., 2022).

Pabrik tahu Asri, menjadi pabrik tahu yang inovatif telah menerapkan sistem pemanfaatan limbah air untuk menghasilkan biogas, berkontribusi pada keberlanjutan dan efisiensi energi. Setiap hari, pabrik tahu Asri menggunakan 7 m³ air limbah, yang menghasilkan sekitar 6,381 m³ biogas. Biogas yang dihasilkan memiliki nilai kalor rata-rata sebesar 22 MJ/m³, sehingga total energi yang dapat diperoleh dari biogas ini mencapai 140.382.000 Joule (J) per hari. Perhitungan tersebut berasal dari volume biogas yang dihasilkan dengan nilai kalornya dan dikonversi ke dalam satuan Joule. Setelah melalui proses konversi menggunakan generator dengan efisiensi 35%, energi listrik yang dapat dihasilkan dari total energi biogas tersebut adalah sekitar 49.133.700 J. Hasil konversi ke dalam satuan kilowatt-jam (kWh), energi listrik yang dihasilkan adalah sekitar 13,65 kWh per hari. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan potensi yang signifikan pada pabrik Tahu Asri untuk mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN. Produksi energi listrik yang mencapai sekitar 410 kWh per bulan, pabrik tahu Asri tidak hanya mengurangi biaya operasional yang terkait dengan konsumsi listrik, tetapi juga berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih baik dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Upaya tersebut mencerminkan keterlibatan Tahu Asri untuk beroperasi secara lebih berkelanjutan dan efisien, sekaligus mendukung penggunaan sumber daya yang ramah lingkungan (Bagiyo et al., 2020).

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai sumber energi listrik melalui proses biogas mampu meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan industri tahu. Biogas dapat menghasilkan listrik menggunakan generator, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional seperti listrik dari PLN. Misalnya, pabrik Tahu Asri dapat

memproduksi sekitar 13,65 kWh per hari dari 7 m³ limbah cair, yang setara dengan 410 kWh per bulan. Penggunaan limbah cair tahu juga mampu sebagai energi pada proses pembuatan tahu yaitu pemasakan. Penggunaan biogas sebagai sumber energi untuk memasak tahu menunjukkan sejumlah manfaat yang signifikan, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Pertama, biogas adalah sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari limbah organik, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, dengan memanfaatkan biogas, pabrik tahu dapat menurunkan biaya operasional karena biogas lebih murah dibandingkan dengan gas elpiji atau bahan bakar lainnya. Keberlanjutan pengolahan limbah cair tahu memiliki dampak yang signifikan dalam aspek lingkungan. Proses pengolahan limbah cair ikut serta dalam pengurangan pencemaran dengan meminimalkan jumlah limbah cair yang dibuang langsung ke saluran air atau tanah, yang sering kali mengandung bahan organik dan zat berbahaya.

B. Saran

Saran dalam penelitian ini, diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan oleh peneliti selanjutnya, karena penelitian yang dilakukan peneliti masih terbatas.

DAFTAR RUJUKAN

- Aditia Tristanto, V., Revandra, M., Rosanita Rohmah, E., & Eka Febrianto, H. (2019). Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" The Use of Liquid Waste of Tofu Industry for Biogas Production Using an Anaerobic Digester. *Jurusan Teknik Kimia*, 3-4.
- Ayuni, S., Silvia Putri, E., Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, P., & Kesehatan Masyarakat, F. (2022). PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI TEMPE RUMAH TANGGA DI KECAMATAN MEUREBO KABUPATEN ACEH BARAT. *Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, 2(2).
- Dwi Nor, M., Niam, A., Mafatikhun Nida, A., Najihah, A., Pramudia, S. E., Ambarwati, D., Program,), Manajemen, S., Ekonomi, F., Kadiri, U. I., Kimia, S., & Pertanian, F. (2023). PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS DIGESTER TIPE BALON.

- Community Development Journal*, 4(2), 1789-1796.
- Herlambang, A. (2002). *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Samarinda : Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Bapedal.
- Hidayat, M. R., Hidayati, & Utomo, P. P. (2012). Industri Tahu Dengan Biokatalis Effective. *Biopropal Industri*, 3(1), 1-6.
- Kaswinarni, F. (2008). Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu. *Majalah Ilmiah Lontar*, 22(2), 1-20.
- Linda, H. (2004). Quasi-Experiment. *Encyclopedia of Social Measurement, Three-Volume Set*, 3(1), V3-255-V3-261.
- Nisrina, H., & Andarani, D. P. (2018). *Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT*. 15(2).
- Pratiwi, I. N., & Susanto, A. (2020). Pemanfaatan Limbah Tahu untuk Produksi Biogas sebagai Energi Terbarukan. *Journal of Renewable Energy Studies*, 15(3), 45-53.
- Rahayu, dkk, S. (2009). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya. *INOTEKS : Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Seni*, 13(2), 150-160.
- Rakasiwi, R. R., Diah Ivontianti, W., & Haryati, Y. (2019). Evaluasi Waktu Start Up Pada Proses Penguraian Sampah Organik Pasar Secara Anaerobik Menggunakan Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir*.
- Ridhuan, K. (2016). *Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan*.
- Setiawan, A. dan Rusdijati, R. (2014) "Peningkatan Kualitas Biogas Limbah Cair Tahu dengan Metode Taguchi," in *Prosiding SNATIF Ke1*. Kudus: Universitas Muria Kudus, hal. 35-40.
- Sistem, M., Angraini, B., Sutisna, M., & Pratama, Y. (2014). Pengolahan Limbah Cair Tahu secara Anaerob. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2(1), 1-10.
- Siyoto, S. & Sodik, M.A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*. 1st ed. Ayup, ed. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Subekti, H., & Wahyuni, R. (2021). Pemanfaatan Biogas dari Limbah Tahu sebagai Alternatif Sumber Energi Terbarukan. *Energy and Environmental Journal*, 17(2), 90-101.
- Suharto, Y., Astuti, E. S., Nisa', B. F., Mustafa, A. R., & Azmi, M. F. (2020). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan di Tulungagung. *Jurnal Graha Pengabdian*, 2(3), 172-178.
- Wahyuni, S. (2011) *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: Agromedia Pustaka.