

PENINGKATAN RASIO C/N LIMBAH CAIR TAHU DENGAN PENCAMPURAN SEKAM PADI UNTUK MENDAPATKAN POTENSI BIOGAS DAN ENERGI LISTRIK

MUHAMMAD SURYO ADITYA¹, MARHAMA JELITA²

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, UIN Suska Riau¹, Dosen Program Studi Teknik Elektro, UIN Suska Riau²

Email: 11950515166@students.uin-suska.ac.id¹, marhamajelita@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i1.6261>

Abstract: *Tofu liquid waste has a C/N ratio of 4.68 which is below the standard for biogas formation, namely 20-30. Increasing the C/N ratio of tofu liquid waste was carried out by adding raw materials that had a high C/N ratio, namely rice husks of 145.35. The amount of raw material mixed with tofu liquid waste and rice husks is determined by varying the C/N ratio according to standards with variations of 20, 22, 24, 26, 28, and 30 to get the best potential for biogas and electrical energy using the Anaerobic Fermentation method and software assistance. Superpro. The amount of rice husk raw material with a C/N ratio of 20, 22, 24, 26, 28, and 30 respectively 97.77 kg, 112.33 kg, 127.37 kg, 142.90 kg, 158.98 kg, and 175.60 kg. The best potential for biogas and electrical energy is at a C/N ratio of 30 with a raw material amount of 800 liters of tofu liquid waste and 175.60 kg of rice husk waste, amounting to 327.56 m³ and 1,539.53 kWh. It can be concluded that the raw material of rice husks can increase the C/N ratio of tofu liquid waste which is still below the standard for biogas formation, so that mixing tofu liquid waste with rice husks can increase the potential for biogas and electrical energy.*

Keywords: *C/N Ratio, Tofu Liquid Waste, Rice Husk, Biogas*

Abstrak: Limbah cair tahu memiliki rasio C/N sebesar 4,68 yang di bawah standar pembentukan biogas yaitu 20-30. Peningkatan rasio C/N limbah cair tahu dilakukan dengan penambahan bahan baku yang memiliki rasio C/N yang tinggi yaitu sekam padi sebesar 145,35. Jumlah bahan baku campuran limbah cair tahu dan sekam padi ditentukan dengan memvariasikan rasio C/N sesuai standar dengan variasi 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 untuk mendapatkan potensi biogas dan energi listrik yang terbaik dengan menggunakan metode Fermentasi Anaerob dan bantuan *Software Superpro*. Jumlah bahan baku sekam padi dengan rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 berturut turut 97,77 kg, 112,33 kg, 127,37 kg, 142,90 kg, 158,98 kg, dan 175.60 kg. Potensi biogas dan energi listrik terbaik yaitu pada rasio C/N 30 dengan jumlah bahan baku limbah cair tahu 800 liter dan limbah sekam padi 175,60 kg sebesar 327,56 m³ dan 1.539,53 kWh. Dapat disimpulkan bahwa bahan baku sekam padi dapat meningkatkan rasio C/N dari limbah cair tahu yang masih dibawah standar pembentukan biogas, sehingga pencampuran limbah cair tahu dengan sekam padi dapat meningkatkan potensi biogas dan energi listrik.

Kata Kunci: Rasio C/N, Limbah Cair Tahu, Sekam Padi, Biogas

A. Pendahuluan

Makanan khas tradisional Indonesia berbahan dasar kedelai yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia adalah tahu [1]. Sekitar 2,7 juta ton kedelai per tahun yang di kelola untuk memproduksi tahu di Indonesia dan sekitar 40% kedelai yang dikonsumsi di Indonesia dalam bentuk tahu [2]. Konsumsi tahu di Indonesia memiliki rata – rata sebesar 7,584 kg/kapita pada tahun 2021. Jumlah tersebut naik 3,27% dibanding 2020 yang sebesar 0,153 kg/kapita setiap minggu. Konsumsi tahu di Indonesia diperkirakan akan mengalami peningkatan dari 7,584 kg/kapita pada tahun 2021 menjadi 7,95 kg/kapita di tahun 2023 [3].

Dalam pengelolaan tahu dapat menghasilkan produk utama yang berupa tahu dalam berbagai macam tahu, selain itu juga menghasilkan limbah padat dan limbah cair [4]. Dari kedua limbah dihasilkan, limbah cair merupakan bagian terbesar dengan perbandingan 7 : 1 [4]. Pengolahan tahu biasanya menggunakan 100 hingga 300 kilogram kedelai per hari, tergantung pada permintaan.

Produksi 100 kilogram kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair per hari [5]. Limbah padat biasanya dimanfaatkan untuk pakan ternak dan pembuatan tempe gembus, sedangkan pada limbah cair tahu belum dimanfaatkan dengan baik. [4]. Sebagian besar produsen tahu banyak yang tidak bertanggungjawab terhadap limbah cair tahu yang hanya dibuang langsung ke sungai ataupun danau sekitar pabrik tanpa melalui proses terlebih dahulu [6]. Limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan tahu merupakan cairan yang terpisah dari gumpalan tahu yang mengandung protein tinggi dan dapat terurai. Apabila limbah cair ini dibuang langsung ke perairan tanpa adanya pengolahan akan terjadinya pencemaran air yang mengakibatkan warna air menjadi keruh, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan mencemari lingkungan tersebut [4].

Dari permasalahan limbah cair tahu pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas sudah banyak dilakukan berdasarkan penelitian [7] dengan memanfaatkan limbah cair tahu menjadi biogas menggunakan metode Fermentasi Anaerob dengan bantuan simulasi *Superpro Designer* dari 500 liter limbah cair tahu menghasilkan biogas sebanyak 141,97 m³ dan energi listrik sebesar 129,03 kWh. Penelitian [4] memanfaatkan limbah cair tahu dengan metode eksperimen menggunakan proses Fermentasi Anaerob selama 28 hari dengan hasil biogas sebesar 0,08204 m³ dari 75 liter limbah cair tahu yang diolah. Hasil biogas yang tertinggi dihasilkan pada hari ke 20 dengan suhu 30° C sebesar 14,17 liter/hari. Penelitian [4] dan [7] melakukan kajian pemanfaatan limbah cair tahu dengan metode yang berbeda dan hasil biogas yang berbeda. Pada penelitian [7] menghasilkan biogas lebih banyak.

Biogas yang dihasilkan dari limbah cair tahu ini masih kurang optimal dikarenakan limbah cair tahu ini memiliki unsur N 1,24%, P₂O₅ 5.54%, K₂O 1,34% dan C-Organik 5,803% dengan rasio C/N 4,68 [8]. Pada pembentukan biogas rasio C/N yang ideal yaitu dalam rentang 20-30 [9]. Limbah cair tahu ini memiliki rasio C/N 4,68 sehingga perlu dilakukan pencampuran dengan bahan organik lain yang memiliki rasio C/N yang lebih tinggi sehingga dapat menaikkan rasio C/N [10].

Biogas yang dihasilkan dari limbah cair tahu ini memiliki rasio C/N 4,68, sedangkan standar rasio C/N yang ideal dalam pembentukan biogas yaitu 20-30, maka perlu dilakukan dengan cara penambahan bahan limbah organik yang memiliki rasio C/N yang lebih tinggi. Penelitian [11] mengkaji tentang potensi biogas dari pencampuran limbah cair tempe dan sekam padi dengan memvariasikan sekam padi 0%, 15%, 20%, dan 25% menggunakan metode Fermentasi Anaerob biogas tertinggi dengan penambahan sekam padi 20% sebesar 0,0146 kg. Penelitian [12] melakukan pemanfaatan pencampuran kotoran sapi dan sekam padi untuk menentukan rasio C/N dalam pembentukan biogas. Sekam padi mengandung *carbon* 45,06%, nitrogen 0,31%, dan rasio C/N 145,35 [12]. Kotoran ayam memiliki *carbon* 45,56%, nitrogen 2,06%, dan rasio C/N 22,12. Penelitian [11] dan [12] melakukan kajian pemanfaatan pencampuran dua bahan baku untuk diproduksi menjadi biogas dengan metode Fermentasi Anaerob. Dengan demikian dari penelitian diatas sekam padi ini cocok sebagai bahan pencampuran karena sekam padi ini memiliki rasio C/N yang tinggi yaitu 145,35.

Biogas merupakan salah satu energi baru dan terbarukan yang memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik. Pada penelitian [13] mengkaji tentang studi pemanfaatan kotoran hewan ternak untuk pembangkit listrik tenaga biogas di Bali dengan menghitung potensi energi listrik yang diperoleh dari jumlah biogas 1 m³ dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebesar 4,7 kWh. Dari hasil analisa penelitian [13] biogas yang dihasilkan sebesar 246.130,81 m³ dan dikonversikan menjadi energi listrik sekitar 1.156.814,81 kWh/hari dengan rata-rata populasi hewan ternak di Provinsi Bali Sebanyak 19.183.779 ekor ternak.

Dari permasalahan limbah cair tahu yang dapat mencemari lingkungan. Limbah cair tahu ini dapat dimanfaatkan menjadi biogas yang telah dilakukan pada penelitian [4] dan [7] yang memanfaatkan limbah cair tahu sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas dengan menggunakan metode Fermentasi Anaerob. Limbah cair tahu ini memiliki rasio C/N yang dibawah standar dalam pembentukan biogas yaitu 4,68, maka perlu dilakukan pencampuran dengan bahan baku yang memiliki rasio C/N yang tinggi agar dapat meningkatkan rasio C/N dari limbah cair tahu. Pada penelitian [11] sekam padi digunakan sebagai bahan baku untuk meningkatkan potensi biogas.

Berdasarkan penelitian [12] sekam padi memiliki rasio C/N sebesar 145,35 lebih tinggi dari rasio C/N kotoran sapi yaitu 22,12. Penelitian [12] ini juga melakukan variasi rasio C/N, karena rasio C/N merupakan parameter penting dalam pembentukan biogas. Penelitian [13] mengkonversi potensi biogas menjadi energi listrik dengan potensi biogas 1 m³ dikonversi menjadi energi listrik sebesar 4,7 kWh. Penelitian ini akan memanfaatkan potensi limbah cair tahu menjadi biogas dengan pencampuran sekam padi untuk meningkatkan rasio C/N limbah cair tahu yang masih dibawah standar pembentukan biogas yaitu 20-30. Penelitian ini akan menggunakan metode Fermentasi Anaerob dibantu dengan *Software Superpro Designer* dan akan memvariasikan rasio C/N untuk menghitung bahan baku yang akan digunakan dari pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi penelitian ini juga melakukan perhitungan energi listrik yang dihasilkan dari potensi biogas yang dihasilkan.

Pada penelitian ini akan memanfaatkan limbah cair tahu yang rasio C/N dibawah standar pembentukan biogas yaitu 4,68 dengan menambahkan sekam padi yang memiliki rasio C/N 145,35 untuk mendapatkan potensi biogas dan energi listrik. Penelitian ini menghitung bahan baku sekam padi untuk pencampuran limbah cair tahu yang ditetapkan 800 L dengan memvariasikan rasio C/N yaitu, 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 sesuai dengan rasio C/N pembentukan biogas yaitu 20-30. Potensi biogas dari pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi akan dihitung dengan variasi rasio C/N menggunakan metode Fermentasi Anaerob dengan bantuan *Software Superpro Designer* untuk menghitung biogas dari limbah cair tahu dan sekam padi karena simulasi Superpro memiliki fitur yang dapat mensimulasikan berbagai proses biokimia termasuk Fermentasi Anaerob untuk memproduksi biogas, serta dapat memodelkan berbagai macam bahan baku termasuk limbah cair tahu dan sekam padi. Penelitian ini akan menghitung potensi energi listrik yang dihasilkan dari biogas dengan pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi dengan variasi rasio C/N dan mengkonversi potensi biogas menjadi energi listrik. Penelitian ini memvariasikan rasio C/N untuk pembentukan bahan baku campuran limbah cair tahu dan sekam padi menjadi biogas dan energi listrik.

B. Metodologi Penelitian

Limbah cair tahu berasal dari beberapa proses pengolahan tahu, seperti pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan. Pengolahan tahu biasanya menggunakan 100 hingga 300 kilogram kedelai per hari, tergantung pada permintaan. Produksi 100 kilogram kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair per hari. limbah cair tahu ini mengandung BOD, COD, dan TSS yang cukup tinggi apabila dibuang ke perairan tanpa adanya pengolahan akan terjadinya pencemaran air yang mengakibatkan warna air menjadi keruh, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan mencemari perairan tersebut [14]. Dalam pemanfaatan Limbah cair tahu dalam pembuatan biogas masih kurang optimal untuk menghasilkan biogas dikarenakan limbah cair tahu memiliki rasio C/N 4.68 maka perlu dilakukan pencampuran dengan bahan baku yang memiliki rasio C/N yang tinggi agar dapat menaikkan rasio C/N yang ideal yaitu 20-30. Penelitian ini akan melakukan pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi dengan memvariasikan rasio C/N untuk mengetahui bahan baku yang akan digunakan dan mencari nilai rasio C/N yang menghasilkan biogas terbanyak menggunakan metode Fermentasi Anaerob dengan bantuan *software Superpro Designer*. Langkah awal adalah mengumpulkan kandungan pada limbah cair tahu dan sekam padi, kemudian memvariasikan rasio C/N yaitu 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 untuk mendapatkan jumlah bahan baku yang akan digunakan, kemudian lakukan perancangan komponen yang dibutuhkan pada *Software Superpro Designer* untuk pembentukan biogas. apabila potensi biogas sudah didapatkan lalu dapat melakukan perhitungan potensi energi listrik dari biogas yang dihasilkan.

1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu data yang didapatkan pada jurnal terkait dibawah ini:

Tabel 1 Komposisi Kandungan Limbah Cair Tahu [7]

No.	Senyawa	Kadar
1.	Karbohidrat	6,28%

2.	Lemak	1.2%
3.	Protein	1.8%
4.	Air	90,72%

Tabel 2 Komposisi Kandungan Sekam Padi [15]

No.	Senyawa	Kadar
1.	Karbohidrat	33,71%
2.	Lemak	1%
3.	Protein	3%
4.	Air	9%
5.	Abu	17,71%
6.	Serat	35,58%

Tabel 1 dan 2 diperoleh dari penelitian [7] dan [15]. Tabel 1 dan 2 kandungan dari bahan baku limbah cair tahu dan sekam padi. Dalam pembentukan biogas membutuhkan beberapa data yang akan digunakan pada simulasi *Superpro Designer* yaitu data kandungan pada limbah cair tahu dan sekam padi. Pada pembentukan biogas memerlukan beberapa senyawa yang dibutuhkan yaitu karbohidrat, lemak, protein, dan air. Limbah cair tahu memiliki kandungan berupa air, karbohidrat, lemak, dan protein. Sedangkan sekam padi mengandung komposisi kimia berupa air, karbohidrat, lemak, protein, abu, dan serat kasar.

Limbah cair tahu berasal dari pengolahan tahu yang berbahan baku kacang kedelai. Tujuh provinsi di Indonesia yang menjadi sentra produksi kedelai yaitu: Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Sulawesi Selatan, Lampung, dan Aceh [2]. Dari data luas panen padi ada 3 provinsi yang memiliki potensi sebagai penghasil sekam padi karena memiliki jumlah panen yang tinggi di Indonesia yaitu: Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat [16].

2. Perhitungan Bahan Baku

Rasio C/N yang baik untuk menghasilkan biogas adalah 20-30, sehingga perlu dilakukan pencampuran dengan bahan yang memiliki rasio C/N lebih tinggi sehingga dapat menaikkan rasio C/N [9]. Untuk mengetahui nilai Rasio C/N Limbah Cair Tahu dan sekam padi yaitu dengan cara mengetahui nilai C dan N pada masing-masing bahan baku.

Rasio karbon nitrogen (C/N) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara jumlah karbon (C) dan nitrogen (N) yang ada dalam bahan baku. Untuk memastikan proses berjalan dengan baik, diperlukan rasio yang seimbang. Nutrisi paling penting adalah karbon dan nitrogen, yang diperlukan untuk enzim yang melakukan metabolisme. Rasio C/N substrat sangat penting karena jika terlalu tinggi (banyak C dan tidak banyak N), metabolisme menjadi tidak cukup, yang berarti karbon dalam substrat tidak dikonversi sepenuhnya, yang berarti tidak ada hasil metana yang maksimal. Sebaliknya, kelebihan nitrogen dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi ammonia (NH₃), yang bahkan dalam konsentrasi rendah akan menghambat perkembangan bakteri dan dalam kasus terburuk dapat menghancurkan seluruh bakteri [17].

$$R = \frac{C}{N} \quad (1)$$

Dimana:

R = Rasio Carbon dan Nitrogen

C = Carbon

N = Nitrogen

Tabel 3 Rasio C/N Limbah Cair Tahu [8] dan Sekam Padi [12]

No.	Bahan Baku	C-Organik (%)	N-Total (%)	Rasio C/N
1	Limbah Cair Tahu	5,803	1,24	4,68

2	Sekam Padi	45,06	0,31	145,35
---	------------	-------	------	--------

Pada tabel 3 rasio C/N bahan baku didapat dari penelitian [8] dan [12]. Limbah cair tahu memiliki rasio C/N sebesar 4,68 dan sekam padi memiliki rasio C/N sebesar 145,35.

Tabel 4 Variasi Rasio C/N

No.	Limbah Cair Tahu	Rasio C/N
1	800 L	20
2	800 L	22
3	800 L	24
4	800 L	26
5	800 L	28
6	800 L	30

Pada tabel 4 merupakan variasi rasio C/N terhadap bahan baku 800 Liter limbah cair tahu. Pengolahan tahu biasanya menggunakan 100 hingga 300 kilogram kedelai per hari, tergantung pada permintaan. Produksi 100 kilogram kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair per hari [5]. variasi rasio C/N yang digunakan yaitu 20, 22, 24, 26, 28, dan 30. Tujuan dari memvariasikan rasio C/N untuk mengetahui hasil biogas yang terbanyak dari variasi rasio C/N tersebut. Untuk menghitung bahan baku sekam padi yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan (2) [18].

$$\text{Rasio } \frac{C}{N} = \frac{(CN1 \times M1) + (CN2 \times M2)}{M1 + M2} \quad (2)$$

Dimana:

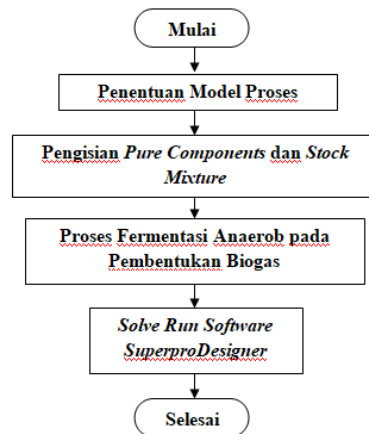
- CN1 = Rasio C/N bahan 1
 CN2 = Rasio C/N bahan 2
 M1 = Massa bahan 1
 M2 = Massa bahan 2

3. Perhitungan Potensi Biogas

Gas yang dilepaskan yang terbentuk ketika bahan organik difermentasi atau mengalami proses metanisasi disebut biogas. Kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, dan limbah cair industri dapat menjadi bahan organik tersebut. Biogas adalah gas yang mudah terbakar dan berapi yang dibuat oleh bakteri anaerobik, atau bakteri yang dapat hidup dalam kondisi kedap atau hampa udara. Biogas adalah salah satu cara yang efektif untuk mendapatkan sumber energi alternatif [19]. Setelah mendapatkan jumlah masing-masing bahan baku yang akan digunakan dengan memvariasikan rasio C/N selanjutnya akan dilakukan produksi biogas dengan bantuan simulasi *Superpro Designer* menggunakan metode Fermentasi Anaerob. Fermentasi Anaerob adalah proses biokimia dimana mikro organisme seperti bakteri menguraikan bahan organik kompleks secara Anaerob atau tanpa oksigen menjadi gas metan dan carbon dioxide. Pada Fermentasi Anaerob ini terjadi 4 tahapan yaitu hidrolisis, *asidogenesis*, *asetogenesis*, dan *methanogenesis* [5].

Pertama, polimer dihidrolisis menjadi molekul sederhana. Di tahap kedua, molekul ini digunakan oleh bakteri asidogenik untuk mengubahnya menjadi asam-asam organik oleh bakteri pembentuk asam. Selama proses asidogenesis, bakteri asidogenik fermentatif mengubah hasil hidrolisis menjadi substrat bagi bakteri metanogenik, yang kemudian mengubahnya menjadi gas metana dan karbon dioksida. Proses ini disebut sebagai metanogenesis [19]. proses reaksi ini terdapat pada tabel 6.

Potensi biogas dengan memanfaatkan campuran limbah cair tahu dan sekam padi dengan metode Fermentasi Anaerob dibantu dengan *software Superpro Designer*. Alur pembuatan biogas dari limbah cair tahu dan sekam ditunjukkan pada gambar 1.

Gambar 1 Alur Produksi Biogas Pada *Software Superpro Designer*

a. Penentuan Mode Proses

Dalam proses pembentukan biogas dengan *Software Superpro* memiliki beberapa tahapan mode proses yang digunakan merupakan proses yang dilakukan setelah penentuan nilai komponen murni. Dalam mensimulasikan *software* tersebut menggunakan proses tipe *Batch* dengan durasi sesuai rekomendasi *Software Superpro* yaitu 336 hari karena tipe *Batch* lebih tinggi dalam memproduksi volume biogas. Unit prosedur yang digunakan adalah *Mixing* dan *Anaerob Digestion* [20].

b. Pengisian *Pure Components* dan *Stock Mixture*

Komponen murni atau disebut dengan *Pure Components* merupakan Senyawa yang direaksikan pada saat simulasi terdapat pada tabel 5, sedangkan *Stock Mixture* merupakan kandungan bahan baku yang digunakan kandungan bahan baku terdapat pada tabel 1 dan 2 yang akan diolah menjadi biogas.

Tabel 5 *Pure Components*

No	Komponen	No	Komponen	No	Komponen
1.	<i>Acetic Acid</i>	7.	<i>Butyric Acid</i>	13.	<i>Nitrogen</i>
2.	<i>Glucose</i>	8.	<i>Propionic Acid</i>	14.	<i>Oksigen</i>
3.	<i>Carbohydrates</i>	9.	<i>Oleic Acid</i>	15.	<i>Ethyl Alcohol</i>
4.	<i>Carbon Dioxide</i>	10.	<i>Methane</i>	16.	<i>Proteins</i>
5.	<i>Glycerol</i>	11.	<i>Lactic Acid</i>	17.	<i>Fat</i>
6.	<i>Cystine</i>	12.	<i>Hidrogen</i>	18.	<i>Water</i>

c. Proses Fermentasi Anaerob Pada Pembentukan Biogas

Pada prosedur ini dilakukan penyiapan dan pengolahan bahan baku dalam *Anaerobic Digester*. Prosedur ini akan menghasilkan metana dan CO₂ melalui proses kimia yang dibantu oleh bakteri, termasuk hidrolisis, *asidogenesis*, *asetogenesis*, dan *methanogenesis*. 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 limbah cair tahu. Produk akhirnya adalah biogas, yang terdiri dari gas *methan* dan *carbon dioxide* [20].

Pada proses Fermentasi Anaerob digestion terjadi 13 proses reaksi untuk mengelola limbah cair tahu dan kotoran sapi menjadi gas *methan* dan *carbon dioxide*, adapun 13 reaksi terdapat pada tabel 6.

Tabel 6 Reaksi Yang Dibutuhkan Dalam *Anaerob Digestion* [20]

No	Reaksi yang Terjadi	Reactant Component	Mass Coef	Product Component	Mass Coef
1.	Hidrolisis Karbohidrat	<i>Carbohydrates</i> <i>Water</i>	147,6 147,6	<i>Glucose</i>	295,2
2.	Hidrolisis Lemak	<i>Fats</i>	147,6	<i>Glycerol</i> <i>Oleic Acid</i>	36,8447 110,7553
3.	Hidrolisis Protein	<i>Proteins</i>	147,6	<i>Cystine</i>	147,6
4.	<i>Asidogenesis Cystine</i>	<i>Cystine</i>	164,1678	<i>Lactic Acid</i> <i>Propionic Acid</i>	90,0878 74,08
5.	<i>Asidogenesis Oleic Acid</i>	<i>Oleic Acid</i>	0,6876	<i>Acetic Acid</i> <i>Butyric Acid</i> <i>Ethyl Alcohol</i>	1 1 1
6.	<i>Asidogenesis Glukosa</i>	<i>Glucose</i>	106,122	<i>Acetic Acid</i> <i>Ethyl Alcohol</i>	60,053 46,096
7.	<i>Asidogenesis Glycerol</i>	<i>Glycerol</i>	0,8044	<i>Propionic Acid</i>	1
8.	<i>Asetogenesis Ethyl Alcohol</i>	<i>Ethyl Alcohol</i>	62,069	<i>Acetic Acid</i> <i>Hydrogen</i>	60,053 2,016
9.	<i>Asetogenesis Lactic Acid</i>	<i>Lactic Acid</i>	90,0788	<i>Acetic Acid</i> <i>Carbon Dioxide</i> <i>Hydrogen</i>	60,53 28,0098 2,016
10.	<i>Asetogenesis Butyric Acid</i>	<i>Butyric Acid</i>	88,106	<i>Acetic Acid</i> <i>Carbon Dioxide</i>	60,053 28,053
11.	<i>Asetogenesis Propionic Acid</i>	<i>Propionic Acid</i>	74,08	<i>Acetic Acid</i> <i>Carbon Dioxide</i> <i>Hydrogen</i>	60,053 12,011 2,016
12.	<i>Metanogenesis Acetic Acid</i>	<i>Acetic Acid</i>	60,053	<i>Carbon Dioxide</i> <i>Methane</i>	30 30,53
13.	<i>Metanogenesis Carbon Dioxide</i>	<i>Carbon Dioxide</i> <i>Hydrogen</i>	1 1	<i>Methane</i> <i>Water</i>	1,746 1

Tabel 6 Reaksi yang dibutuhkan reaktor Anaerob Digester dalam menghasilkan biogas terdapat 13 reaksi yang dibutuhkan dari pecampuran limbah cair tahu dan sekam padi diantaranya hidrolisis karbohidrat, hidrolisis lemak, hidrolisis protein, *asidogenesis cystine*, *asidogenesis Oleic Acid*, *Asidogenesis Glucose*, *Asidogenesis Glycerol*, *Asetogenesis Ethil Alcohol*, *Asetogenesis Lactic Acid*, *Asetogenesis Butyric Acid*, *Asetogenesis Propionic Acid*, *Metanogenesis Acetic Acid*, *Metanogenesis Carbon Dioxide* [20].

d. Solve Run

Solve run merupakan tahapan terakhir dalam simulasi Superpro dalam pembentukan biogas dimana tahapan ini untuk menjalankan proses dari simulasi yang akan dilakukan. Pada penelitian ini akan menghasilkan *methan* dan *carbon dioxide*.

4. Validasi Simulasi

Pada penelitian ini terdapat validasi simulasi yang bertujuan untuk memastikan bahwa dasar teoritis, metode, dan tamuan yang diadopsi dari literatur adalah tepat relevan dan dapat diandalkan. Validasi merupakan suatu proses penilaian terhadap keabsahan dan kredibilitas informasi yang digunakan dalam suatu penelitian dengan merujuk pada penelitian sebelumnya. Validasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah membandingkan dengan penelitian [4] yang memiliki topik kajian menghitung potensi biogas yang dapat dihasilkan, lama durasi Fermentasi, dan kontruksi reaktornya.

Tabel 7 Validasi Hasil Simulasi

No.	Parameter	Penelitian [4]	Validasi
1	Bahan Baku	Limbah Cair Tahu	Limbah Cair Tahu
2	Komposisi	Karbohidrat 6,28%, Lemak 1,2%, Protein 1,8%, dan Air 90,72	Karbohidrat 6,28%, Lemak 1,2%, Protein 1,8%, dan Air 90,72
3	Input Nilai	75 Liter	75 Liter
4	<i>Volumetric Flow</i>	0,082 m ³	0,080 m ³

Tabel 3.4 hasil validasi simulasi Superpro diperoleh dari penelitian [4] dengan inputan 75 Liter bahan baku limbah cair tahu. Pada penelitian [4] dari 75 Liter limbah cair tahu menghasilkan biogas dengan *Volumetric Flow* 0,082 m³ dan hasil simulasi pada penelitian [4] menghasilkan biogas dengan *Volumetric Flow* 0,080 m³. Dari hasil parameter komposisi perbandingan terlihat bahwa nilai eror yang terjadi sebesar 2,44%, sehingga penelitian ini valid karena tidak mempunyai nilai error lebih dari 10% [20].

5. Perhitungan Potensi Energi Listrik

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses Fermentasi Anaerob (tanpa oksigen) dari bahan organik seperti limbah pertanian, kotoran hewan, limbah cair industri makanan, dan biomassa lainnya. Komponen utama pada biogas adalah *methan* dan *carbon dioxide*, dengan *methan* sebagai komponen utama yang memiliki nilai kalor tinggi dan merupakan sumber energi utama dalam biogas. biogas memiliki potensi yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembangkit listrik. Biogas dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan persamaan (3) [13].

$$E = \text{Potensi bg} \times 4,7 \text{ kWh} \quad (3)$$

Dimana :

E = Energi Listrik (kWh)

Potensi bg = Potensi Biogas (m³)

Pada persamaan 3 perhitungan energi listrik dengan mengkonversikan biogas menjadi energi listrik, diketahui E merupakan energi listrik yang dihasilkan dari potensi biogas yang dihasilkan, energi listrik yang dihasilkan pada 1 m³ biogas diketahui untuk 1 m³ biogas yang dihasilkan untuk energi listrik adalah 4,7 kWh [13].

C. Pembahasan dan Analisa

Pembuatan biogas menggunakan pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi menggunakan metode Fermentasi Anaerob dengan bantuan *software Superpro Designer* dalam pembentukan biogas. Biogas dari pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi pada penelitian ini melakukan perhitungan bahan sekam padi yang dibutuhkan dari 800 liter limbah cair tahu dan memvariasikan rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30. Hasil biogas akan dikonversikan menjadi energi listrik.

1. Massa Sekam Padi Dari Variasi Rasio C/N

Jumlah bahan baku sekam padi dari variasi rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 dihitung menggunakan persamaan (2) dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 8.

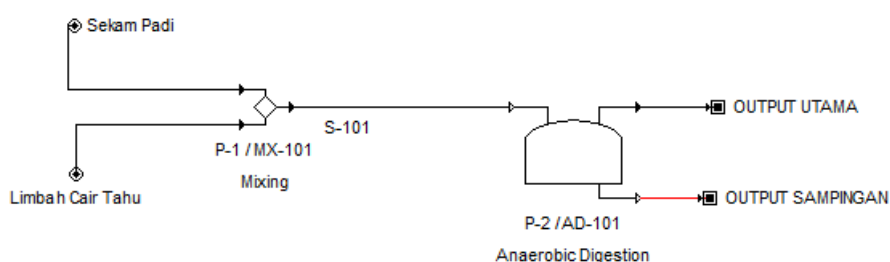
Tabel 8 Massa Sekam Padi Dari Variasi Rasio C/N

No.	Limbah Cair Tahu	Rasio C/N	Sekam Padi
1	800 L	20	97,77 Kg
2	800 L	22	112,33 Kg
3	800 L	24	127,37 Kg
4	800 L	26	142,90 Kg
5	800 L	28	158,98 Kg
6	800 L	30	175,60 Kg

Tabel 8 jumlah bahan baku sekam padi terhadap variasi rasio C/N diperoleh dengan menggunakan persamaan 2 dapat dilihat dari bahan baku 800 L limbah cair tahu dengan rasio C/N terendah yaitu 20 menghasilkan bahan baku sekam padi sebesar 97,77 kg ternyata dengan meningkatnya rasio C/N tertinggi yaitu 30 menghasilkan bahan baku sekam padi yang semakin besar yaitu 175,60 kg. semakin besar rasio C/N maka jumlah bahan baku sekam padi untuk campuran limbah cair tahu. Hasil peningkatan ini ditunjukkan oleh penelitian [11] dan [18] juga menghasilkan hasil yang sama. Jumlah penggunaan bahan baku sekam padi ini sangat berpengaruh pada rasio C/N yang dihasilkan. Dapat dilihat semakin besar rasio C/N maka akan bertambah pula bahan baku sekam padi yang digunakan, Hal ini terjadi karena sekam padi memiliki nilai rasio C/N yang tinggi yaitu 145,35 sehingga untuk menaikkan rasio C/N dapat dilakukan dengan penambahan bahan baku sekam padi.

2. Potensi Biogas Dari Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Sekam Padi

Potensi biogas dari campuran limbah cair tahu dan sekam padi itu dijalankan menggunakan simulasi *Superpro*, adapun *single line* diagram terdapat pada gambar 2.



Gambar 2 *Single Line Diagram* Proses Fermentasi Anerob Simulasi *Superpro Designer*

Gambar 2 merupakan *single line* diagram proses Fermentasi Anaerob simulasi *Superpro 111disigner*. Rangkaian susunan reaktor yang digunakan pada simulasi ini tampak pada gambar 2. Proses Fermentasi Anaerob menggunakan 2 unit prosedur, yakni *mixing* dan *Anaerob digester*. Pada bagian *mixing* memasukan jumlah bahan baku limbah cair tahu dan sekam padi sesuai dengan tabel 8, kemudian keluaran *mixing* dialirkan ke bagian *input digester Anaerob*. Pada bagian *digester Anaerob* ini memiliki 2 keluaran yaitu pada *output* utama menghasilkan *methane* dan *carbon dioxide* dan pada *output* sampingan berupa abu, serat kasar, dan air. Adapun hasil dari *single line* diagram dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil Biogas Campuran Limbah Cair Tahu dan Sekam Padi dari Variasi Rasio C/N

No	Limbah Cair Tahu	Rasio C/N	Sekam Padi	Hasil Biogas
1.	800 L	4,68	-	162,23 m ³
2.	800 L	20	97,77 kg	254,27 m ³
3.	800 L	22	112,33 kg	267,98 m ³
4.	800 L	24	127,37 kg	282,14 m ³
5.	800 L	26	142,90 kg	296,76 m ³
6.	800 L	28	158,98 kg	311,91 m ³
7.	800 L	30	175,60 kg	327,56 m ³

Tabel 9 hasil biogas pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi dari variasi rasio C/N terlihat semakin tinggi rasio C/N maka menghasilkan hasil biogas yang tinggi pula. Pada percobaan tanpa pencampuran sekam padi dengan rasio C/N 4,68 mendapatkan hasil biogas sebesar 162,23 m³, sedangkan dari variasi rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 bahwasannya hasil biogas pada rasio C/N 30 merupakan hasil biogas yang terbesar yaitu sebesar 327,56 m³ dapat dilihat dengan pencampuran sekam padi ini dapat meningkatkan rasio C/N dan juga potensi biogas. Pada pembentukan metanogen pada rasio C/N 30 lebih optimal karena perbandingan C dan N dalam biogas merupakan faktor

penting dalam berkembangnya bakteri, sehingga pembentukan *methan* yang dihasilkan lebih tinggi [10]. Hasil peningkatan ini ditunjukkan oleh penelitian [18] yang menghasilkan hasil yang sama. Pencampuran sekam padi pada limbah cair tahu ini dapat meningkatkan rasio C/N dan potensi biogas.

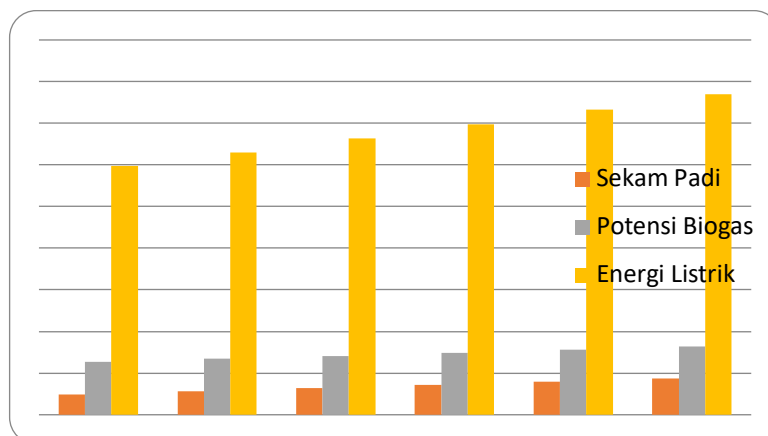
3. Potensi Energi Listrik Dari Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Sekam Padi

Perhitungan potensi energi listrik yang dihasilkan biogas berbahan baku limbah cair tahu dan sekam padi dengan beberapa variasi rasio C/N dengan menggunakan persamaan 3 hasil energi listrik ini terdapat pada tabel 10.

Tabel 10 Potensi Energi Listrik Dari Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Sekam Padi

No	Rasio C/N	Biogas	Energi Listrik
1.	20	254,27 m ³	1.195,06 kWh
2.	22	267,98 m ³	1.259,50 kWh
3.	24	282,14 m ³	1.326,05 kWh
4.	26	296,76 m ³	1.394,77 kWh
5.	28	311,91 m ³	1.465,97 kWh
6.	30	327,56 m ³	1.539,53 kWh

Tabel 10 potensi energi listrik dari campuran limbah cair tahu dan sekam padi terlihat semakin tinggi biogas yang dihasilkan maka semakin tinggi hasil energi listrik yang dihasilkan, hal ini dikarenakan potensi biogas dan energi listrik berbanding lurus yang dimana energi listrik yang diperoleh dari potensi biogas 1 m³ dapat dikonversikan menjadi energi listrik sebesar 4,7 kWh [13]. Pada penelitian ini ditemukan dari variasi rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 bahwasannya rasio C/N 30 menghasilkan energi listrik sebesar 1.539,53 kWh karena menghasilkan potensi biogas yang tinggi. Potensi biogas campuran limbah cair tahu dan sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.



Gambar 3 Grafik Bahan Baku Sekam Padi, Potensi Biogas, dan Potensi Energi Listrik Dari Variasi Rasio C/N

Gambar 3 grafik bahan baku sekam padi, potensi biogas, dan potensi energi listrik dari variasi rasio C/N. Pada grafik ini dapat dilihat setiap meningkatnya rasio C/N bahan baku sekam padi, potensi biogas, dan potensi energi listrik mengalami peningkatan hal ini terjadi karena pengaruh dari rasio C/N yang ideal sesuai pada penelitian [9] dimana rasio C/N ideal dalam pembentukan biogas yaitu dalam rentang 20-30.

D. Penutup

Pada penelitian ini dari variasi rasio C/N 20, 22, 24, 26, 28, dan 30 bahwasannya rasio C/N 30 menghasilkan biogas dan energi listrik yang terbesar dengan biogas sebesar 327,56 m³ dan 1.539,53 kWh. Bahan baku sekam padi yang memiliki rasio C/N 145,35 dapat meningkatkan rasio C/N dari

limbah cair tahu yang masih dibawah standar pembentukan biogas, sehingga pencampuran limbah cair tahu dengan sekam padi dapat meningkatkan produksi biogas dan energi listrik. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan perlu dilakukan pengujian dengan menambahkan starter yang dapat mempercepat proses fermentasi.

Daftar Pustaka

- [1] N. I. Aulia, N. Siswi Indrasti, and A. Ismayana, "Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Kecil Menengah (IKM) Pengolahan Tahu di Indonesia: Literatur Review," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 33, no. 1, pp. 10–19, 2023, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2023.33.1.10.
- [2] K. Pertanian, *Outlook komoditas pertanian tanaman pangan Kedelai*. Pusat data dan sistem informasi Pertanian Sekretariat Jendral Kementrian Pertanian, 2020.
- [3] B. P. Statistik, "Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2024 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia." Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/OTUwIzE=/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting--2007-2023.html>
- [4] K. Ridhuan, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan," 2016.
- [5] K. Rajagukguk, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Menggunakan Reaktor Biogas Portabel," *Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 63–71, 2020, doi: 10.18196/jqt.010210.
- [6] W. E. K. Sally, Yessica Putri Budianto, Meutia Wafa' K. Hakim, "Potensi pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas untuk skala industri rumah tangga di Provinsi Banten," *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 13.1, pp. 43–53, 2019.
- [7] G. P. Rajabya and N. Gusnita, "Analysis of The Utilization of Tofu Liquid Waste as a Biogas Electricity Power Plant (Case Study of BK Tofu Industry at Payakumbuh City West Sumatra)," *J. Ecotipe (Electronic, Control, Telecommun. Information, Power Eng.)*, vol. 10, no. 1, pp. 78–85, Apr. 2023, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v10i1.3855.
- [8] R. N. Amalia *et al.*, "Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda," vol. 1, no. 1, pp. 36–41, 2022, doi: 10.32522/abdiku.v1i1.
- [9] R. B. C. Zulyana, Sang Kompiang Wirawan, Wiratni Budhijanto, "Pengaruh Kadar Air Umpan dan Rasio C/N pada Produksi Biogas dari Sampah Organik Pasar," *J. Rekayasa Proses*, vol. 9, no. 1, pp. 22–27, 2015.
- [10] M. Nurhilal *et al.*, "Pengaruh Komposisi Dan Waktu Fermentasi Campuran Limbah Industri Tahu Dan Kotoran Sapi Terhadap Kandungan Gas Methane Pada Pembangkit Biogas," *J. Teknol. Ter.*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [11] W. Arifin, "Rancang Bangun Alat Konversi Biogas Limbah Cair Tempe Dan Pengujian Dengan Penambahan Variasi Campuran Sekam Padi," Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [12] E. Sudiska, "Kualitas Biogas Menggunakan Penambahan Sekam Padi dan Feses Sapi Serta Lama Fermentasi Yang Berbeda," Doctoral dissertation, Univesitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.
- [13] M. Candra Santoso, I. A. D. Giriantari, and W. G. Ariastina, "Studi Pemanfaatan Kotoran Ternak Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Di Bali," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 58, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p9.
- [14] H. N. Prayitno, Sri Rulianah, "Pembuatan biogas dari limbah cair tahu menggunakan bakteri indigeneous," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 4, no. 2, pp. 90–95, 2020.
- [15] A. Zabda Fasya, "Pemanfaatan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Guna Mengurangi Limbah Cr," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [16] B. P. Statistik, "Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia." Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available:

<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTQ5OCMy/luas-panen--produksi--dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html>

- [17] D. Kurniawan, "Analisis teknis dan ekonomi pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBg) dari sampah organik kabupaten bengkalis," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.
- [18] Ramdiana, "Pengaruh Variasi Komposisi Pada Campuran Limbah Cair Aren dan Kotoran Sapi Terhadap Produksi Biogas," *Eksergi*, vol. 14, no. 2, pp. 12–17, 2017.
- [19] Khaidir, "Teknologi Produksi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Sampah Organik," *J. SAMUDERA*, vol. 9, 2015.
- [20] A. Wahyudi and M. Jelita, "Analisis Potensi Energi Listrik dan Biaya Limbah Rumen Sapi Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 263, Jun. 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.117622.