



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

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains Dan Teknologi



Oleh:

MUHAMMAD SURYO ADITYA
11950515166

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2025

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSETUJUAN

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

TUGAS AKHIR

oleh:

MUHAMMAD SURYO ADITYA
11950515166

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2025

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T.,M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing I

Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.
NIK. 130517054

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PENGESAHAN

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

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUHAMMAD SURYO ADITYA

11950515166

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 14 Januari 2025

Pekanbaru, 14 Januari 2025

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Hartono, M.Pd.
NIP. 19640301 199203 1 003

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

- Ketua** : Mulyono, S.T., M.T.
- Sekretaris** : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.
- Anggota 1** : Dr. Liliana, S.T., M.Eng.
- Anggota 2** : Nanda Putri Miefthawati, M.Sc., B.Sc.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau



SURAT PERNYATAAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
 Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang menjiplak atau menyalin dalam bentuk apapun
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Suryo Aditya
 NIM : 11950515166
 Tempat/Tgl. Lahir : Batam, 19 September 2001
 Jurusan : Sains dan Teknologi
 Prodi : Teknik Elektro
 :

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

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Artikel dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada Karya Tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Artikel saya sini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian Artikel saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 23 Januari 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Suryo Aditya
NIM. 11950515166



RANG TEKNIK JOURNAL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

Jl. By Pass Aur Kuning, Bukittinggi No. 1 Hp. +62 822-2999-1104

Website: <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL> Email: rangteknikjournal@gmail.com

Nomor : 002/Sket/RTJ-FT/2025
 Lampiran : -
 Perihal : Pemberitahuan Artikel Layak Muat
 Vol. 9 No. 1 Januari 2026

Yth.

Bapak/Ibu **Muhammad Suryo Aditya, Marhama Jelita**

Berdasarkan Artikel Bapak/Ibu yang diajukan ke redaksi Rang Teknik Journal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dengan judul:

“ Peningkatan Rasio C/N Limbah Cair Tahu dengan Pencampuran Sekam Padi untuk Mendapatkan Potensi Biogas dan Energi Listrik ”

Bersama ini kami sampaikan bahwa hasil penilaian dari mitra bebestari dan sidang dewan redaksi, artikel Bapak/Ibu layak untuk dimuat di Rang Teknik Journal Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Vol. 9 No. 1 Januari 2026 EISSN 2599-2090 ISSN 2599-2082.

Atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Bukittinggi, 17 Januari 2025

Editor in Chief,



Ir. Harjadi, S.Kom., M.Kom.

ISSN 2599 - 2801 EISSN 2090

UIN SUSKA RIAU



Status : **Terakreditasi S4**

SK Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi

Nomor : 164/E/KPT/2021, Tanggal 27 Desember 2021

Hak Cipta milik UIN Suska Riau
 Hak Cipta dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Dilarang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 3. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Kasirin



LEMBAR ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan, dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta

1. Dilarang menjiplak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sebesar 0,153 kg/kapita setiap minggu. Konsumsi tahu di Indonesia mengalami peningkatan tahun 2023 dibandingkan dengan tahun 2022 [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 kg kedelai/hari, tergantung pada permintaan. Produksi 100 kilogram kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair tahu dalam 1 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 perairan sekitar pabrik tanpa melalui proses terlebih dahulu [6]. Limbah cair yang dihasilkan dari pengeolahan 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 [4].

Dari permasalahan limbah cair tahu ini dapat dilakukan pemanfaatan menjadi biogas dan sudah banyak dilakukan berdasarkan penelitian [7] menggunakan bahan baku limbah cair tahu dikelola menjadi menjadi biogas dengan bantuan simulasi *Superpro Designer* dan menggunakan metode Fermentasi Anaerob menghasilkan biogas 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.

Limbah cair tahu ini memiliki unsur C-Organik 5,803% dan N 1,24% [8]. Dari data unsur organik pada limbah cair tersebut, maka limbah cair tahu memiliki rasio C/N 4,68. Biogas yang dihasilkan dari limbah cair tahu ini masih kurang optimal dikarenakan 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 memiliki kandungan *Carbon* 45,06% dan *Nitrogen* 0,31%, sehingga memiliki rasio C/N sebesar 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] membahas pemanfaatan kotoran hewan ternak di Bali untuk menghasilkan listrik melalui konversi biogas. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa setiap 1 m³ biogas dapat menghasilkan 4,7 kWh energi listrik. Dari total produksi biogas sebanyak 246.130,81 m³, diperkirakan dapat menghasilkan sekitar 1.156.814,81 kWh per hari. Dengan jumlah populasi ternak yang ada di Bali mencapai 19.183.779 juta ekor.

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 karena metode Fermentasi Anaerob ini dapat menghasilkan biogas dengan kandungan *Methane* yang tinggi. Penelitian ini menggunakan 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 kg kedelai/hari, tergantung pada permintaan. Produksi 100 kg kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair tahu dalam 1 hari. limbah cair tahu ini mengandung COD, TSS, dan BOD yang cukup tinggi apabila dibuang keperairan 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 panalitian [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 20-30 merupakan rasio C/N yang ideal dalam pembentukan biogas. Apabila menggunakan bahan baku yang dibawah rasio C/N ideal maka perlu dilakukan pencampuran dengan bahan baku yang memiliki rasio C/N yang tinggi untuk dapat menaikkan rasio C/N

[9]. Untuk mengetahui nilai Rasio C/N Limbah Cair Tahu dan sekam padi dengan cara mengetahui nilai *Carbon* dan *Nitrogen* pada masing-masing bahan baku.

Rasio karbon nitrogen (C/N) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara jumlah *Carbon* (C) dan *Nitrogen* (N) yang ada dalam bahan baku. Selain mempengaruhi konsentrasi substrat, kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme, proses kerja mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat. Komposisi air yang banyak dapat memudahkan penguraian, dan homogenitas sistem membuat mikroorganisme lebih dekat dengan substrat. Rasio *Carbon/Nitrogen* (C/N) adalah perbedaan kadar *Carbon* (C) dan *Nitrogen* (N) dalam satuan bahan. Hubungan antara kandungan *Carbon* dan *Nitrogen* dalam bahan organik sangat mempengaruhi kehidupan dan aktivitas mikroorganisme [17].

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

Dimana:

R Rasio *Carbon* dan *Nitrogen*

C *Carbon*

N *Nitrogen*

Tabel 3 Rasio C/N Limbah Ciar 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 kg kedelai/hari, tergantung pada permintaan. Produksi 100 kg kedelai menghasilkan 800 liter limbah cair tahu dalam 1 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 aka 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

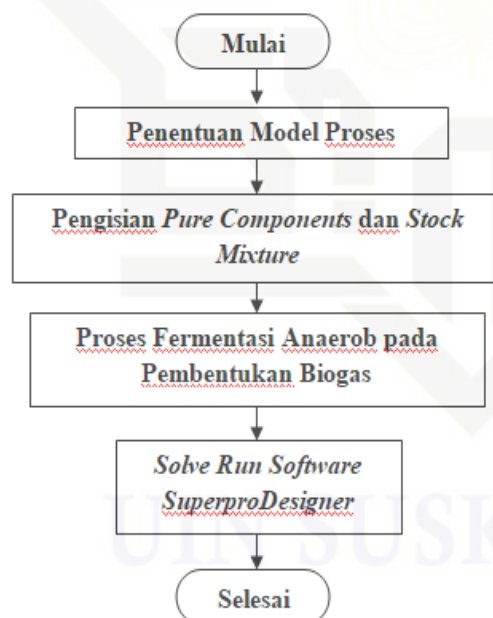
M2 = Massa bahan 2

3. Perhitungan Potensi Biogas

Gas yang dilepaskan yang terbentuk ketika bahan organik difermentasi atau mengalami proses metanisasi dalam kondisi anaerob 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 *Anaerobic*, 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 mejadi gas *Methane* dan *Carbon Dioxide*. Pada Fermentasi Anaerob ini terjadi 4 tahapan yaitu Hidrolisis, *Asidogenesis*, *Asetogenesis*, dan *Methanogenesis* [5].

Pertama, polimer di Hidrolisis 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 *Methane* dan *Carbon Dioxide*. Proses ini disebut sebagai *Methanogenesis* [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. Pemilihan Mode Proses

Dalam pembuatan biogas menggunakan *Software Superpro* memiliki beberapa tahapan. Pertama melakukan pemilihan mode proses yang digunakan adalah proses yang dilakukan setelah mengetahui 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*

Pure Components atau komponen murni adalah komponen yang direaksikan pada saat simulasi. *Pure Components* 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

Prosedur ini melibatkan persiapan dan pengolahan bahan baku dalam *Digester Anaerobic*. Proses kimia yang dibantu oleh bakteri, seperti *Hidrolisis*, *Asidogenesis*, *Asetogenesis*, dan *Methanogenesis* untuk menghasilkan *Methane* dan *Carbon Dioxide*. Pada proses untuk menghasilkan biogas dari limbah cair tahu dan sekam padi harus dilakukan pada kondisi anaerob ini adalah proses tertutup yang tidak memiliki oksigen bebas dan menghasilkan keluaran biogas yang terdiri dari gas *Methane* dan *Carbon Dioksida*, adalah produk terakhir [20].

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

Tabel 6 Reaksi Dalam *Anaerob Digestion* [20]

No	Reaksi	Komponen Reaktan	Mass Coef	Komponen Produk	Mass Coef
1.	Hidrolisis Karbohidrat	Karbohidrat Air	147,6 147,6	<i>Glucose</i>	295,2
2.	Hidrolisis Lemak	Lemak	147,6	<i>Oleic Acid</i> <i>Glycerol</i>	110,7553 36,8447
3.	Hidrolisis Protein	Protein	147,6	<i>Cystine</i>	147,6
4.	<i>Asidogenesis Cystine</i>	<i>Cystine</i>	164,1678	<i>Propionic Acid</i> <i>Lactic Acid</i>	74,08 90,0878
5.	<i>Asidogenesis Oleic Acid</i>	<i>Oleic Acid</i>	0,6876	<i>Butyric acid</i> <i>Ethyl alcohol</i> <i>Acetic acid</i>	1 1 1
6.	<i>Asidogenesis Glucose</i>	<i>Glucose</i>	106,122	<i>Ethyl alcohol</i> <i>Acetic acid</i>	46,096 60,053
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>Hydrogen</i> <i>Acetic acid</i>	2,016 60,053

9.	<i>Asetogenesis Lactic Acid</i>	<i>Lactic Acid</i>	90,0788	<i>Hydrogen</i> <i>Carbon Dioxide</i> <i>Acetic acid</i>	2,016 28,0098 60,053
10.	<i>Asetogenesis Butyric Acid</i>	<i>Butyric Acid</i>	88,106	<i>Carbon Dioxide</i> <i>Acetic acid</i>	28,053 60,053
11.	<i>Asetogenesis Propionic Acid</i>	<i>Propionic Acid</i>	7408	<i>Hydrogen</i> <i>Carbon Dioxide</i> <i>Acetic acid</i>	2,016 12,011 60,053
12.	<i>Metanogenesis Acetic Acid</i>	<i>Acetic Acid</i>	60,053	<i>Methane</i> <i>Carbon Dioxide</i>	30,053 30
13.	<i>Metanogenesis Carbon Dioxide</i>	<i>Carbon Dioxide</i> <i>Hydrogen</i>	1 1	<i>Methane</i> Air	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 melakukan validasi simulasi yang bertujuan untuk mengetahui bahwa teori dan metode yang digunakan sesuai. Proses penilaian keabsahan dan kredibilitas informasi yang digunakan dalam penelitian dengan merujuk pada hasil penelitian sebelumnya dikenal sebagai validasi. Validasi penelitian ini dilakukan dengan membandingkannya dengan penelitian sebelumnya [4], di mana subjek penelitian menghitung jumlah biogas yang dapat dihasilkan, komposisi bahan baku, dan kapasitas reaktor.

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 7 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 eror 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 *Methane* dan *Carbon Dioxide*, dengan *Methane* 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 (m^3)

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 $1 m^3$ biogas diketahui untuk $1 m^3$ 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 dibantu dengan *Software Superpro Designer* menggunakan metode Fermentasi Anaerob dalam pembentukan biogas. Dari biogas 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

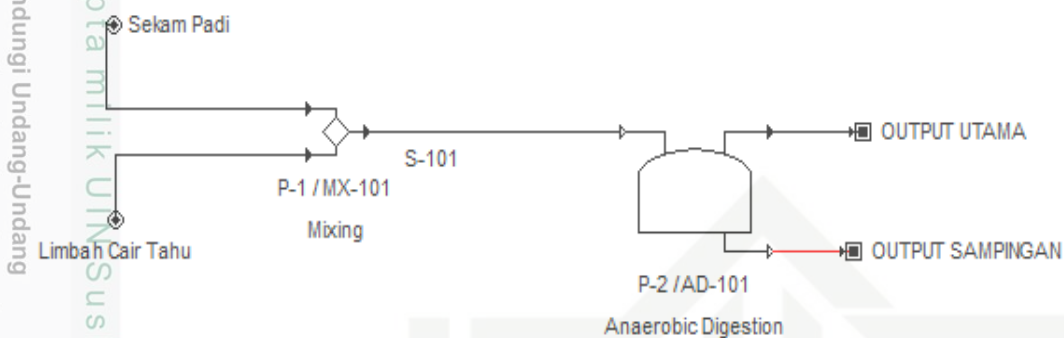
No.	Limbah Cair Tahu	Rasio C/N	Sekam Padi
1	800 L	20	97,77 Kg
2	800 L	22	112,33 Kg
3	800 L	24	127,37 Kg
4	800 L	26	142,90 Kg
5	800 L	28	158,98 Kg
6	800 L	30	175,60 Kg

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. 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 di jalan kan menggunakan simulasi *Superpro*, adapun rangkaian proses terdapat pada gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian Proses Fermentasi Anaerob Pada Simulasi *Superpro Designer*

Gambar 2 merupakan rangkaian proses Fermentasi Anaerob pada simulasi *Superpro Designer*. Rangkaian proses Fermentasi Anaerob pada simulasi ini dapat dilihat pada gambar 2. Unit prosedur yang digunakan pada proses ini, yaitu *Mixing* dan *Anaerobic Digestion*. Pada bagian *Mixing* memasukan jumlah bahan baku limbah cair tahu dan sekam padi sesuai dengan tabel 8, kemudian keluaran *Mixing* dialirkan ke bagian *input Anaerobic Digestion*. Pada bagian *Anaerobic Digestion* 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 biogas 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

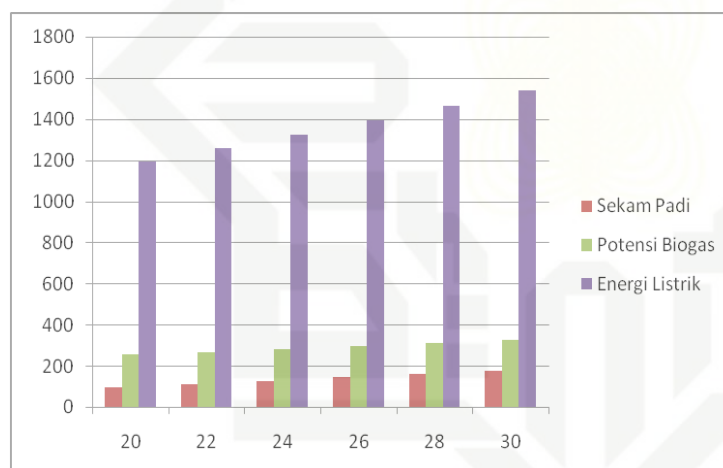
Tabel 9 hasil biogas pencampuran limbah cair tahu dan sekam padi dari variasi rasio C/N terlihat semakin tinggi rasio C/N maka menghasilkan hasil biogas yang tinggi pula. Pada percobaan tanpa pencampuran sekam padi dengan rasio C/N 4,68 mendapatkan hasil biogas sebesar 162,23 m³, sedangkan dari variasi 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 *Carbon* dan *Nitrogen* dalam biogas merupakan faktor penting dalam berkembangnya bakteri, sehingga pembentukan *Methane* 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 skam 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] di amana 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, sedangkan biogas yang dihasilkan dari limbah cair tahu saja dengan rasio C/N 4,68 menghasilkan biogas sebesar 162,23 m³. 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. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan percobaan 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 Kementerian 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. Zuliyana, 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, Universitas 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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.