

## **Pemberdayaan Masyarakat Melalui Edukasi Pemanfaatan Limbah Cair Tempe Menjadi Biogas di Desa Habaring Hurung**

**Zahrotun Nafisah<sup>1)</sup>, Sudarman Rahman<sup>2)</sup>, Zimon Pereiz<sup>3)</sup>, Meiyanti Ratna Kumalasari<sup>4\*)</sup>**

Progam Studi Kimia, Universitas Palangka Raya <sup>1,3,4)</sup>  
Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan Tengah

Progam Studi Farmasi, Universitas Palangka Raya <sup>2)</sup>  
Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan Tengah

Email: meiyantiratna@mipa.upr.ac.id

### **ABSTRAK**

*Kesadaran para pengrajin tempe di Desa Habaring Hurung dalam mengolah limbah masih sangat minim. Limbah cair hasil produksi langsung dibuang ke badan air dan menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Oleh karena itu dilakukan edukasi mengenai teknologi tepat guna pengelolaan limbah cair tempe menjadi biogas yang ramah lingkungan di Desa Habaring Hurung, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya. Metode dalam kegiatan pemberdayaan masyarakat ini mulai dari proses perencanaan, kerjasama dengan mitra, perakitan reaktor biogas, sosialisasi hingga evaluasi. Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini adalah masyarakat Desa Habaring Hurung dapat merakit reaktor biogas serta pengetahuan masyarakat mengenai pemanfaatan limbah cair dan pengelolaan lingkungan pun meningkat.*

*Kata kunci: Biogas, Habaring Hurung, Limbah Cair Tempe, Reaktor*

### **ABSTRACT**

*The level of understanding among tempeh producers in Habaring Hurung Village on waste treatment remains significantly limited. Liquid waste from production is directly discharged into water bodies and causes various environmental problems. Consequently, a program was implemented to provide knowledge regarding suitable technology for effectively managing tempeh liquid waste to produce environmentally sustainable biogas. This initiative occurred in Habaring Hurung Village in the Bukit Batu District of Palangka Raya City. The community empowerment activity begins with a careful preparation process, followed by collaborative efforts with partners, the assembly of biogas reactors, and socialization initiatives, and concludes with an evaluation phase. The findings derived from this project indicate that the Habaring Hurung Village community has demonstrated proficiency in constructing biogas reactors. Moreover, there has been an obvious improvement in the community's understanding of liquid waste utilization and environmental management.*

*Keywords: Biogas, Habaring Hurung, Reactor, Tempeh Liquid Waste*

## 1. Pendahuluan

Dalam rangka mengurangi pencemaran akibat limbah dari pengrajin tempe khususnya pada lingkungan perdesaan maka perlu dilakukan upaya penerapan alternatif teknologi pengelolaan limbah yang mudah, sederhana, dan layak. Salah satu terobosan yang dilakukan melalui pelaksanaan edukasi pemanfaatan teknologi tepat guna biogas sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Pengelolaan limbah cair menggunakan teknologi biogas mengusung prinsip *zero waste* (nihil limbah) diharapkan dapat berperan dalam memperlambat laju pemanasan global. Selain sebagai sumber energi alternatif, penggunaan biogas juga memiliki potensi untuk mengurangi isu-isu lingkungan seperti pencemaran (udara, tanah, dan air) dan estetika (Saidi et al., 2022). Produksi biogas pun lebih sederhana dan ekonomis daripada pembuatan bioetanol dan biodiesel (Ajay et al., 2021).

Pemilihan limbah cair tempe dalam pembuatan biogas disebabkan sebagian besar UMKM pengrajin tempe tidak memiliki sistem pengelolaan limbah produksi sehingga air limbah yang dihasilkan langsung dibuang ke badan air penerima (Farisni et al., 2022; Hafiz, 2022; Prayitno et al., 2020). Proses pembuatan tempe mengonsumsi sejumlah besar air, yang digunakan dalam tahap perebusan, perendaman, pencucian, dan peragian kedelai. Kebutuhan yang tinggi akan air dalam proses produksi tempe sejalan dengan volume limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair ini meliputi air bekas dari proses perebusan, perendaman, pencucian, dan peragian kedelai, yang umumnya dibuang langsung ke saluran air di lokasi produksi tempe, dan ini dapat menimbulkan potensi pencemaran lingkungan (Perdana & Widiawati, 2021). Kandungan pada limbah tersebut berupa protein, karbohidrat, dan lemak yang dapat memberikan bau tidak sedap serta mengurangi estetika lingkungan sekitar (Arwindah et al., 2018; Gunawan et al., 2022).

Limbah cair dari produksi tempe memiliki tingkat *biochemical oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi dan dapat menjadi berbahaya jika dibuang langsung ke badan air, yang akan mengurangi kualitas lingkungan. Limbah cair tempe yang tidak diolah terlebih dahulu akan mengalami dekomposisi dari senyawa kompleksnya menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh mikroorganisme aerob. Limbah dari pengolahan tempe memiliki kandungan BOD sekitar 5.000 - 10.000 mg/L dan COD sebesar 7.000 - 12.000 mg/L (Gunawan et al., 2022; Nugroho et al., 2019). Hal ini mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam air yang dapat menyebabkan kematian biota air (Bayu Kartikasari et al., 2022). Selain itu, air limbah cair tempe juga dapat menyebabkan masalah gatal-gatal pada kulit (Prayitno et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk menurunkan dampak pencemaran dari limbah cair tempe dengan mengkonversinya menjadi biogas.

Pelaksanaan kegiatan pemberdayaan masyarakat ini dilaksanakan di Desa Habaring Hurung, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya. Jarak Desa Habaring Hurung dari Kota Palangka Raya sekitar 36 km dengan waktu tempuh 30 - 50 menit perjalanan darat. Jumlah pengrajin tahu dan tempe pada desa ini sebanyak 2 buah. Pengrajin dengan skala produksi terbesar yaitu tempe "Harawung", hasil produksinya didistribusikan pada sekitar Kabupaten Katingan dan Kota Palangka Raya. Pengrajin tersebut dapat menghasilkan limbah cair hasil produksi sebanyak 50 - 100 liter/hari. Limbah cair tempe ini langsung dibuang di badan air tanpa pengolahan lebih lanjut. Hal ini berakibat pada bau tidak sedap di sekitar tempat produksi, mengurangi estetika, dan pencemaran air. Anggapan warga dan para pengrajin, limbah cukup dibuang ke saluran air karena aman dan tidak berdampak langsung pada lingkungan. Oleh karena itu, salah satu tujuan pelaksanaan kegiatan ini untuk memberikan wawasan mengenai pemanfaatan limbah cair tempe menjadi biogas yang ramah lingkungan. Selain itu, masyarakat diharapkan lebih sadar akan pengelolaan lingkungan sehingga kualitas hidup pun turut meningkat.

## 2. Tinjauan Pustaka

Tempe adalah produk kedelai tradisional yang berasal dari Indonesia. Tempe kaya akan protein dan lebih ekonomis dibandingkan dengan sumber protein hewani seperti daging, susu, dan telur. Sekitar

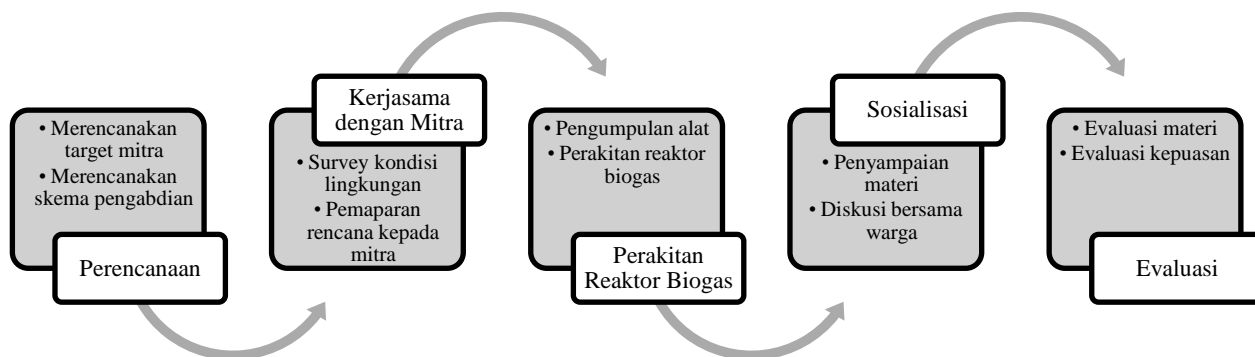
50% konsumsi kedelai di Indonesia digunakan untuk menghasilkan tempe, 40% untuk tahu, dan 10% untuk produk lainnya (Puspawati et al., 2019). Proses produksi tempe menghasilkan limbah berupa cairan, padatan terlarut, dan padatan tersuspensi. Pembuangan limbah cair tempe ke lingkungan dapat mengakibatkan perubahan fisik, kimia, dan biologis dalam lingkungan. Pada industri skala rumah tangga, perkiraan volume limbah cair yang dihasilkan adalah sekitar 200-300 liter/hari dari pengolahan 300 kg kedelai. Selain itu, limbah cair tempe masih kaya akan nutrisi seperti protein (40-60%), karbohidrat (25-50%), dan berbagai bahan lain yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi sumber energi terbarukan khususnya biogas (Hikma et al., 2014).

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar menggantikan bahan bakar fosil seperti minyak tanah dan gas alam (Pereiz et al., 2023). Semua jenis bahan organik dapat dimanfaatkan sebagai sumber biogas, termasuk limbah organik seperti sampah, sisa panen pertanian seperti kulit singkong, tandan kosong kelapa sawit, batang pisang, jerami, tanaman air seperti eceng gondok, dan juga limbah dari hewan atau manusia (Rajagukguk, 2020; Riduansyah et al., 2018). Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi bahan organik dalam kondisi anaerobik pada reaktor ataupun biodigester (Febriansyah et al., 2021; Kristyan et al., 2021). Reaktor ataupun biodigester merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversi limbah organik menjadi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) (Ana Mufarida & Abidin, 2021).

Pembentukan biogas melibatkan empat tahap utama, yaitu hidrolisis, acidifikasi, produksi asam asetat, dan produksi metana. Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme hidrolitik menjadi senyawa yang larut, seperti asam karboksilat, asam keton, asam hidroksi keton, alkohol, gula sederhana, asam-asam amino,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{CO}_2$  (Budiman et al., 2019; Budiyono & Syaichurrozi, 2020). Selanjutnya, pada tahap asidifikasi, senyawa yang larut ini diubah menjadi asam lemak rantai pendek oleh mikroorganisme asidogenik. Pada tahap produksi asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dan produksi metana ( $\text{CH}_4$ ), asam lemak rantai pendek diubah menjadi  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dan asetat. Asetat mengalami dekarboksilasi dan reduksi  $\text{CO}_2$  menghasilkan produk akhir berupa metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) ini yang kemudian dimanfaatkan sebagai biogas (Budiman et al., 2019).

### 3. Metodologi Penelitian

Pengabdian kepada masyarakat ini melibatkan warga Desa Habaring Hurung, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Kegiatan dilaksanakan pada September 2023. Metode yang digunakan dibagi ke dalam beberapa tahap yang digambarkan pada skema berikut ini.



Gambar 1. Skema Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat

#### 3.1. Perencanaan

Perencanaan meliputi penyusunan berkas administrasi yang berkaitan dengan skema pengabdian. Skema pengabdian yang diajukan disesuaikan dengan hasil observasi kondisi mitra. Observasi mitra

dilakukan dengan diskusi dan pengukuran pH limbah cair tempe dan air tanah di rumah produksi tempe. Observasi lapangan juga dilakukan untuk mengetahui kondisi daerah secara umum.

### 3.2. Kerja Sama Mitra

Mitra yang dipilih adalah UMKM produsen tempe serta dibantu Kepala Kelurahan Habaring Hurung, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya. Produsen tempe berperan dalam perakitan reaktor biogas dan menyediakan limbah cair tempe yang diolah menjadi biogas. Kepala Kelurahan membantu pelaksanaan sosialisasi baik dalam penyediaan sarana maupun penginformasian kegiatan kepada masyarakat di Desa Habaring Hurung.

### 3.3. Perakitan Reaktor Biogas

Semua komponen instalansi diletakkan di dekat lokasi yang dekat dengan bahan baku Instalansi dilaksanakan bersama pegiat UMKM dan warga di Desa Habaring Hurung, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya. Digester dikoneksikan dengan kantong gas menggunakan selang benang 3/8 inci. Kantong gas dan kompor pun dihubungkan dengan bantuan konektor dan selang. Selain itu, stop kran juga dipasang pada selang penghubung ke kompor gas untuk mengatur tekanan gas.

### 3.4. Sosialisasi

Sosialisasi dilaksanakan di Aula Desa Habaring Hurung pada hari Senin tanggal 4 September 2023. Kepala Kelurahan pun turut hadir untuk membuka kegiatan sekaligus menyampaikan dukungannya terhadap kegiatan pengabdian masyarakat. Sosialisasi dihadiri oleh 40 warga Desa Habaring Hurung.

### 3.5. Evaluasi

Evaluasi pelaksanaan kegiatan dilakukan untuk mendapatkan umpan balik dari peserta pengabdian masyarakat terkait pelaksanaan kegiatan. Evaluasi dilaksanakan menggunakan kuisisioner yang disebar melalui selebaran kertas. Ada dua bagian evaluasi yang ditanyakan kepada peserta, yaitu tentang materi dan kepuasan. Bagian materi terdiri atas 5 indikator, sedangkan bagian kepuasan terdapat 3 indikator.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Limbah cair tempe merupakan air bekas pencucian kedelai, perendaman kedelai selama 16 jam, dan perebusan kedelai. Limbah cair tempe berwarna putih seperti susu, berbusa, dan berbau tidak sedap. Limbah yang dihasilkan dalam pengolahan tempe seringkali dialirkan ke selokan maupun sungai yang berdampak pada pencemaran lingkungan perairan, sumur, dan lahan sekitar lokasi penduduk.



Gambar 2. Diskusi Bersama Mitra UMKM Produsen Tempe

Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra (Gambar 2), mitra mengatakan membuang limbah cair tempe di selokan rumah tanpa diolah terlebih dahulu. Untuk itu, dilakukan observasi kondisi mitra dengan

mengukur pH limbah cair dan air tanah di rumah produksi tempe. Hasil yang didapatkan adalah pH air tanah di rumah produksi tempe sama dengan pH limbah cair tempe, yaitu pH 4 (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa limbah cair tempe telah mencemari air tanah di rumah produksi tempe.



Gambar 3. Hasil Pengukuran pH Air Tanah (Kiri) dan Limbah Cair Tempe (Kanan)

Nilai pH tersebut mengindikasikan bahwa air tanah di rumah produksi tempe tercemar limbah cair tempe. Limbah cair tempe dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan, di antaranya gatal pada kulit, bau tidak sedap, meningkatkan perkembangbiakan nyamuk, menurunkan oksigen terlarut. Limbah ini mengandung protein, karbohidrat, lemak, dan minyak sehingga mudah terurai oleh mikroba. Kandungan molekul organik di dalam limbah cair tempe dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif yang ramah lingkungan berupa biogas. Biogas dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme anaerobik yang mengubah senyawa organik menjadi gas metana (55-70%), CO<sub>2</sub> (25-50%), H<sub>2</sub>O (1-5%), N<sub>2</sub> (0,5%), dan NH<sub>3</sub> (0,05%) (Farisni et al., 2022). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair tempe menjadi biogas dapat meminimalisasi akibat pencemaran limbah cair tempe terhadap air tanah.



Gambar 4. Proses Perakitan Digester Biogas

Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif membutuhkan serangkaian alat yang disebut reaktor biogas. Reaktor biogas terdiri atas digester, kantong gas, dan kompor gas. Digester merupakan tabung tertutup yang dapat memfasilitasi reaksi anaerob mikroorganisme. Tabung ini dilengkapi saluran inlet dan outlet untuk mendukung pembentukan biogas. Kantong gas disambungkan dengan digester sehingga dapat menampung biogas yang dihasilkan dari aktivitas mikroba. Biogas yang dihasilkan lalu dialirkan memakai selang menuju kompor gas bertekanan rendah. Perakitan reaktor biogas ini

dilakukan bersama dengan mitra (Gambar 4). Reaktor yang telah dirakit ditampilkan pada pada Gambar 5.



Gambar 5. Digester Biogas yang Telah Dirakit

Pelaksanaan sosialisasi kepada masyarakat umum di Desa Habaring Hurung mengangkat tema “Menghasilkan Energi Ramah Lingkungan dari Limbah Cair”. Kegiatan ini dibuka langsung oleh kepala kelurahan Habaring Hurung, Bapak Setiono (Gambar 6). Pada sosialisasi diberikan penjelasan mengenai pemanfaatan limbah tempe menjadi biogas beserta mekanisme pembuatannya. Sosialisasi ini juga diikuti dengan diskusi bersama masyarakat. Berdasarkan diskusi yang telah berlangsung terlihat antusiasme masyarakat terhadap biogas.



Gambar 6. Pelaksanaan Sosialisasi di Desa Habaring Hurung

Pada kegiatan sosialisasi juga dilakukan pembagian kuisisioner untuk mendapatkan umpan balik dari peserta. Secara keseluruhan, umpan balik dari peserta ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Umpan Balik Peserta Sosialisasi

No.	Indikator	Capaian (%)
1.	Pengetahuan tentang gas metana	65,00
2.	Pengetahuan tentang biogas	80,00
3.	Pengetahuan tentang manfaat biogas	82,50
4.	Pengetahuan tentang reaktor biogas	65,00
5.	Pengetahuan tentang limbah yang dapat menghasilkan biogas	85,00
	<b>Rata-rata</b>	<b>75,50</b>

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa informasi terkait gas metana dan reaktor biogas dapat diserap lebih dari 65% peserta. Bukan hanya itu, lebih dari 80% peserta telah memiliki pengetahuan terkait biogas, pemanfaatan biogas, dan limbah yang dapat menghasilkan biogas. Secara keseluruhan, 75,50% peserta telah mendapat pengetahuan berkaitan dengan pemanfaatan limbah cair menjadi biogas. Selain indikator dan capaian pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan, juga dilakukan jajak pendapat terhadap penilaian peserta terhadap beberapa indikator yang ditentukan dalam Tabel 2. Hasil penilaian diketahui bahwa 50% peserta merasa puas dengan materi yang disampaikan. Sebanyak 50% peserta juga menilai bahwa penyampaian materi sangat baik. Pendapat lain dari peserta (42,5%) juga menilai bahwa materi yang disampaikan cukup jelas. Secara keseluruhan, lebih dari setengah dari peserta yang hadir menilai kegiatan ini baik.

Tabel 2. Penilaian Peserta

No.	Indikator	Penilaian (%)				
		5	4	3	2	1
1	Kepuasan terhadap materi	12,50	50,00	37,50	0,00	0,00
2	Kejelasan materi yang disampaikan	12,50	45,00	42,50	0,00	0,00
3	Penyampaian materi	50,00	37,50	12,50	0,00	0,00

**Keterangan:**

5: sangat baik; 4: baik; 3: cukup baik; 2: kurang baik; 1: sangat kurang baik

Kegiatan sosialisasi juga disertai dengan diskusi partisipatif bersama peserta. Peserta berkesempatan mengajukan pertanyaan yang sesuai dengan kondisi peserta sehingga bisa didapatkan penyelesaian dan solusinya. Peserta yang mengajukan pertanyaan diberikan penghargaan (Gambar 7).



Gambar 7. Pembagian Hadiah Bagi Peserta yang Menyampaikan Pertanyaan

**5. Kesimpulan**

Masyarakat desa telah lebih memahami kegunaan limbah cair sebagai biogas. Biogas dari limbah cair tempe pun menjadi salah satu solusi permasalahan lingkungan di Desa Habaring Hurung. Harapannya kegiatan ini dapat terus berlanjut sehingga dapat dilakukan pendampingan pada pengrajin tempe yang telah memanfaatkan teknologi tepat guna berupa biogas.

**Ucapan Terima Kasih**

Hibah PNPB Fakultas MIPA Universitas Palangka Raya yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

## Daftar Pustaka

- Ajay, C. M., Mohan, S., & Dinesha, P. (2021). Decentralized energy from portable biogas digesters using domestic kitchen waste: A review. *Waste Management*, 125, 10–26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.031>
- Ana Mufarida, N., & Abidin, A. (2021). The Innovation of Tofu Waste Liquid Biogas Reactor Technology as an Alternative Energy Resource. *Waste Technology*, 9(1), 20–24. <http://dx.doi.org/10.14710/wastech.9.1.20-24>
- Arwindah, D., Umrah, & Kasma. (2018). Formulasi Substrat Dasar Kotoran Kambing Dan Limbah Cair Tempe Dengan Inokulum Rumen Sapi Untuk Studi Awal Produksi Biogas. *Biocelbes*, 12(3), 41–53.
- Bayu Kartikasari, I., Butar-Butar, B., Rachmi Indahsari, S., & Adi Suhendra, A. (2022). The Effectiveness of Water Treatment in the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the Tempe Industry and Benefits to the Community. *International Journal of Science and Environment (IJSE)*, 2(3), 109–113. <https://doi.org/10.51601/ijse.v2i3.40>
- Budiman, A. W., Cahyadi, M., & Rusdiyana, E. (2019). Adopsi Inovasi Digester Biogas Skala Rumah Tangga Pada Kelompok Tani Suka Maju. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madani*, 3(2), 262–276. <https://doi.org/10.1111/amet.12914>
- Budiyono, B., & Syaichurrozi, I. (2020). A review: Biogas production from tofu liquid waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012047>
- Farisni, T. N., Masyarakat, K., & Teuku, U. (2022). Pengelolaan Limbah Industri Tempe Rumah Tangga di Kecamatan Meurebo Kabupaten Aceh Barat. *JURMAKEMAS (Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat)*, 2(1), 133–147.
- Febriansyah, A., Alfaro, J., K.A, R., Salamah, L., Putra, R. A., & Amalia Sari, S. I. (2021). Pengaruh penambahan limbah cair tahu dan kulit pisang terhadap biogas dari kotoran ternak sebagai solusi energi alternatif masa depan. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(3), 163–167.
- Gunawan, O., Nengsih, S., Aida, N., Lingkungan, P. T., Ar-raniry, U. I. N., Aceh, B., Lingkungan, P. T., Ar-raniry, U. I. N., & Aceh, B. (2022). Pengaruh Temperatur Campuran Limbah Cair Tahu Limbah Cair Roti dan Feses Sapi Terhadap Hasil Biogas. *Lingkar : Journal of Environmental Engineering*, 3(2), 26–43.
- Hafiz, A. (2022). Pengolahan Limbah Tahu Tempe Guna Mengurangi Pencemaran Lingkungan Di Kecamatan Sandubaya. *Jurnal Pengabdian Publik (JP-Publik)*, 50–54. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/JPAP/article/view/12910%0Ahttp://journal.ummat.ac.id/index.php/JPAP/article/download/12910/5982>
- Hikma, N., Alwi, M., & Umrah. (2014). Potensi limbah cair tempe secara mikrobiologis sebagai alternatif penghasil biogas. *Jurnal Biocelbes*, 8(1), 54–59.
- Kristyan, E. G., Pratiwi, Y. R., & Putra, H. S. (2021). Rancang Bangun Biogas Limbah Tahu Skala Rumah Tangga. *Journal of Science*, 1(2), 24–29. <http://ojs.unublitar.ac.id/index.php/JSNU/article/view/216%0Ahttps://ojs.unublitar.ac.id/index.php/JSNU/article/download/216/148>
- Nugroho, G. S. F., Sulistyaningrum, R., Melania, R. P., & Handayani, W. (2019). Environmental Analysis of Tofu Production in the Context of Cleaner Production: Case Study of Tofu Household Industries in Salatiga, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(2), 127–138. <https://doi.org/10.7454/jessd.v2i2.1021>
- Perdana, A. T., & Widiawati, D. (2021). Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengolahan Limbah Cair Produksi Tempe di Kampung Tempe Kota Tangerang. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.36722/jpm.v4i1.935>
- Pereiz, Z., Nafisah, Z., Rahman, S., & Ratna, M. (2023). Mengurangi Emisi Gas Metana Dengan Mengolah Limbah Cair Tempe Menjadi Biogas. 2(6), 119–126.



- Prayitno, P., Rulianah, S., & Nurmahdi, H. (2020). Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Tahu Menggunakan Bakteri Indigeneous. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 4(2), 90–95. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v4i2.141>
- Puspawati, S. W., Soesilo, T. E. B., & Soemantojo, R. W. (2019). An overview of biogas utilization from tempeh wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 306(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/306/1/012019>
- Rajagukguk, K. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Menggunakan Reaktor Biogas Portabel. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(2). <https://doi.org/10.18196/jqt.010210>
- Riduansyah, Apriani, I., & Rita, H. (2018). Pemanfaatan Limbah Biogas Untuk Tanaman Padi Pada Kelompok Tani Karya Mulya Dan Harapan Baru. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 4(1), 2460–8173.
- Saidi, D., Maryana, & Widiarti, I. W. (2022). Pemanfaatan limbah ternak sapi untuk biogas dan pupuk organik di kelompok ternak sumber makmur dusun jambon bawuran pleret bantul yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Ke 8 LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta. “Pemberdayaan Masyarakat Pada Masa Pasca Pandemi Sebagai Implementasi Bela Negara” Yogyakarta, 19 Oktober 2022*, 103–115.