

IMPLEMENTASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE BERBASIS ULTRAFILTRASI DAN ZERO WASTE DI DESA BANDUNGREJO MRANGGEN DEMAK

Eny Apriyanti, Sri Subekti, Ummi Chasanah, Widi Astuti

Universitas Pandanaran

Email: enyapriyanti@unpand.ac.id, bekti@unpand.ac.id,
chasanah.ummi01@yahoo.co.id, Widi@unpand.ac.id

Abstrak

UKM tempe Rejomakmur sebagai mitra dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat berlokasi di RT 02/ RW 06 Desa Bandungrejo Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak Provinsi Jawa Tengah dan sebagai objek permasalahan dalam kegiatan ini adalah limbah cair dari produksi tempe. Permasalahan yang tengah dialami oleh mitra adalah minimnya pengetahuan tentang pengolahan limbah cair dari industri tempe, limbah cair dari UKM Rejomakmur tempe adalah belum terolah secara baik sehingga mencemari sungai jika dibuang secara langsung. Kegiatan ini bertujuan menyediakan teknologi tepat guna untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, yaitu teknologi ultrafiltrasi (UF) yang terintegrasi menuju zero waste. Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dibagi dalam beberapa tahapan, meliputi koordinasi dengan masyarakat, sosialisasi tentang air bersih kepada masyarakat, instalasi unit UF, dan training penggunaan alat. Hasil uji pengolahan limbah cair dengan teknologi UF menunjukkan bahwa produk air memenuhi standar baku mutu air bersih. Unit terintegrasi UF mampu menurunkan tingkat kekeruhan limbah hingga dan menurunkan BOD. Unit UF dapat diintegrasikan dengan pengolahan limbah cair untuk menghasilkan limbah cair yang lebih jernih. Teknologi ini dapat dijadikan sebagai alternatif teknologi ramah lingkungan untuk pengolahan air dan limbah cair industri.

Kata kunci: industri, limbah cair, tempe, teknologi, ultrafiltrasi

Abstract

UKM tempe Rejomakmur as a partner in community service activities is located in RT 02/ RW 06 Bandungrejo Village, Mranggen District, Demak Regency, Central Java Province and the object of the problem in this activity is liquid waste from tempe production. The problem currently being experienced by partners is the lack of knowledge about processing liquid waste from the tempe industry, liquid waste from UKM Rejomakmur tempe is not yet properly processed so that it pollutes the river if disposed of directly. This activity aims to provide appropriate technology to solve these problems, namely integrated ultrafiltration (UF) technology towards zero waste. The implementation of this community service activity is divided into several stages, including coordination with the community, socialization about clean water

to the community, installation of UF units, and training in the use of equipment. The results of the well water treatment test with UF technology show that the water product meets the drinking water quality standards. The integrated UF unit is able to reduce the level of turbidity of waste to and reduce BOD. The UF unit can be integrated with liquid waste treatment to produce clearer liquid waste. This technology can be used as an alternative environmentally friendly technology for water treatment and industrial liquid waste.

Keywords: industry, liquid waste, tempeh, technology, ultrafiltration

Pendahuluan

Industri tempe merupakan industri rumah tangga (IRT) yang banyak dijumpai di Indonesia, semua industri tempe rumah tangga (IRT) pada dasarnya belum mempunyai instalasi pengolahan air limbah. Limbah cair industri tempe tersebut langsung dibuang ke perairan yang dapat mencemari lingkungan sekitar industri tempe. Limbah cair industri tempe tersebut langsung dibuang ke perairan yang dapat mencemari lingkungan sekitar industri tempe. Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada Masyarakat ini untuk mengetahui pengelolaan limbah cair dari Industri Tempe di Desa Bandungrejo Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak. Limbah cair yang dihasilkan dari industri tempe sebelum dibuang ke lingkungan haruslah dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan agar limbah cair tersebut tidak mencemari lingkungan dan kualitas lingkungan yang sehat tetap terjaga. Limbah yang berasal dari industri tempe, merupakan tempat yang subur untuk berkembangbiaknya mikroorganisme, terutama mikroba patogen. Limbah cair tempe masih mengandung zat organik yang tinggi sehingga menimbulkan bau. Karena itu, perlu penyediaan unit pengolah air dan limbah cair yang mampu menyelesaikan permasalahan warga di Kelurahan Bandungrejo RT/RW 07/02, untuk proses pembuatan tempe ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan tempe di UKM Rejomakmur

Pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, di implementasikan unit pengolah limbah cair adalah membran ultrafiltrasi (UF) yang diintegrasikan dengan unit karbon aktif dan resin penukar ion,

membran UF memiliki ukuran pori antara $0,001 \mu\text{m}$ (1 nm) – $0,1 \mu\text{m}$ (100 nm) (Baker, 2012). Membran UF memiliki selektivitas yang tinggi dalam penyisihan partikel, koloid, senyawa organik alam, dan mikroorganisme ketika diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair (Apriyanti, 2023). limbah cair industri tempe diolah dengan unit terintegrasi ultrafiltrasi (ECUF) (Nugroho et al., 2018).

Merupakan alternatif proses teknologi yang mengkombinasikan proses koagulasi/flokulasi dan elektrokimia (Nugroho et al., 2019). Proses ini bertujuan untuk menggumpalkan partikel terlarut dalam air melalui destabilisasi atau penurunan gaya repulsif muatan antar partikel, sehingga dapat mengendap dan terpisah dari larutan (air) (Apriyanti, 2024). Teknologi ini dapat dijadikan sebagai alternatif teknologi ramah lingkungan untuk pengolahan air dan limbah cair industri tempe (Chezeau et al., 2019).

Tinjauan Pustaka

Usaha industri tempe rumahan sebagian besar proses produksinya masih sangat sederhana, belum ada ijin dari dinas terkait sebab usaha mereka tidak dilengkapi dengan dokumen Usaha Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (UKL-UPL). Semua industri tempe rumah tangga belum mempunyai instalasi pengolahan air limbah dan air limbah tersebut langsung dibuang ke perairan. Jadi kalau keadaan ini dibiarkan maka akan mengganggu kesehatan lingkungan sekitar yang pada akhirnya akan mengganggu kesehatan masyarakat yang menggunakan air sungai tempat pembuangan limbah tersebut. Limbah cair tempe juga berpotensi menimbulkan bau busuk dari gas H₂S. Keadaan ini perlu adanya pengolahan air limbah sebelum dibuang ke perairan (Nurhayati, 2011).

Limbah cair menjadi permasalahan besar yang terjadi di Indonesia, limbah tentu memberi dampak negatif bagi lingkungan ketika jumlahnya melebihi kapasitas lingkungan berdasarkan standar yang ditetapkan pemerintah. Seperti ketika limbah dibuang pada perairan dapat menurunkan kualitas air, membunuh biota yang ada di air, hingga mempengaruhi kesehatan manusia (Puspawati, 2017). Limbah cair pada produksi tempe yang berasal dari air rebusan kedelai yang berubah menjadi amonia ketika terjadi pembusukan oleh bakteri nitrifikasi, sebab air rebusan kedelai termasuk bahan organik (Harahap, 2013). Sementara amonia merupakan suatu zat hara yang menunjang kesuburan perairan yang ketika jumlahnya berlebihan menyebabkan penurunan kadar oksigen. Penurunan kadar oksigen ini akan menurunkan biodiversitas air seperti ikan yang mati. Pemerintah telah menetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 2004 bahwa jika konsentrasi amonia melebihi batas baku air mengakibatkan penurunan kualitas air (Makatita, 2014). Melalui peraturan tersebut jelas bahwa limbah cair tempe harus diolah agar tidak mencemari perairan lingkungan. Permasalahan mitra UKM Industri Tempe Rejomakmur ialah belum memiliki metode khusus untuk mengolah limbah tempe yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan mitra dan warga setempat tidak mengolah limbah cair beserta kulit ari sebelum dibuang atau dimanfaatkan. Seringkali air rebusan dibuang begitu saja sehingga menghasilkan bau tidak sedap di lingkungan. Pengetahuan warga terhadap cara pengolahan dan pembuangan limbah kulit ari juga terbilang masih rendah, biasanya kulit ari kedelai mengganggu penampakan lingkungan. Melalui masalah ini diperlukan suatu solusi untuk mengatasi limbah yang dihasilkan dari pembuatan tempe sehingga limbah tidak mencemari lingkungan bahkan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas UKM Rejomakmur dan warga di Desa Bandungrejo RT 02/ RW 06 Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak. Limbah cair tersebut berupa air sisa perebusan kedelai, perendaman kedelai, pencucian kedelai serta peragian kedelai yang dibuang langsung ke saluran air di tempat produksi tempe sehingga berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengolahan. Limbah cair hasil produksi tempe disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Limbah cair produksi pembuatan tempe (Analekta, 2021)

Limbah cair hasil produksi tempe dibuang langsung ke lingkungan, maka akan menimbulkan bau tidak

sedap akibat proses fermentasi limbah organik tersebut (Lestari et al., 2021). Inovasi pengolahan limbah cair hasil produksi tempe diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Salah satu metode pengolahan limbah cair hasil produksi tempe adalah dengan memanfaatkannya menjadi pupuk organik cair (Prasetio & Widyastuti, 2020). Limbah cair tempe memiliki warna, busa, endapan, bau yang sangat menyengat. Perubahan sifat fisik limbah tersebut terjadi setelah 12 (dua belas) jam. Untuk itu diperlukan sebuah cara untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh limbah cair tempe tersebut. Diantaranya dengan cara pengolahan limbah tempe dengan metode teknologi tepat guna Ultrafiltrasi (UF), unit membran UF didesain untuk mengolah limbah cair dengan kapasitas produk sebesar 750 L/jam. Sebelum proses filtrasi menggunakan membran unit membran UF didesain untuk mengolah air dengan kapasitas produk sebesar 750 L/jam. Sebelum proses filtrasi menggunakan UF, limbah cair mitra diolah menggunakan media filter untuk menyaring mineral-mineral terlarut dan partikel berukuran besar. Pengolahan awal ini berfungsi untuk meminimalisasi pembentukan fouling pada membran UF yang dapat memperpanjang umur pemakaian membran. UF, limbah cair mitra diolah menggunakan media filter untuk menyaring mineral-mineral terlarut dan partikel berukuran besar. Berdasarkan permasalahan yang ada di mitra UKM Rejomakamur, maka tim pengabdian kepada masyarakat ingin membantu menyelesaikan masalah limbah cair hasil produksi tempe yang dibuang langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemberdayaan masyarakat terkait pengolahan limbah cair produksi tempe menjadi air bersih. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan

keterampilan dalam mengolah limbah cair produksi tempe menjadi air bersih serta pengurangan jumlah limbah cair produksi tempe.

Metode

Berdasarkan permasalahan mitra yang ada, maka kegiatan pengabdian kepada masyarakat akan dilakukan beberapa solusi yang ditawarkan kepada mitra UKM industri tempe Rejomakmur antara lain:

1. Memberikan pengetahuan atau wawasan tentang kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah cair industri tempe terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.
2. Memberikan pengetahuan atau wawasan tentang metode dan teknologi pengolahan limbah yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah cair industri tempe.
3. Meningkatkan keterampilan mitra usaha melalui penggunaan dan perawatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe sebagai solusi pencemaran limbah cair tempe pada lingkungan hidup.

Dan sebagai penunjang kegiatan pengabdian kepada masyarakat di UKM Tempe Rejomakmur, dilakukan beberapa tahapan yang meliputi empat (4) hal. Pertama, identifikasi masalah yang dilakukan sebagai langkah awal untuk merumuskan bahan dan materi sosialisasi dalam rangkaian kegiatan pengabdian. Kedua, observasi dan survei lapangan ke UKM Tempe Rejomakmur sebagai tempat dilaksanakannya kegiatan pengabdian, kunjungan kepada mitra serta melakukan proses wawancara dan diskusi. Ketiga, persiapan pelaksanaan pengabdian masyarakat harus dilakukan secara menyeluruh, terutama tentang perancangan alat pengolahan limbah cair yang akan diberikan pada mitra, materi pelatihan, dan media pembelajaran yang komunikatif dan menarik. Keempat, evaluasi program pengabdian yang dilakukan secara bertahap baik mengenai materi pelatihan, peserta, penyelenggaraan acara sosialisasi, dan kontrol rutin terhadap penggunaan alat dan kualitas air yang dihasilkan.

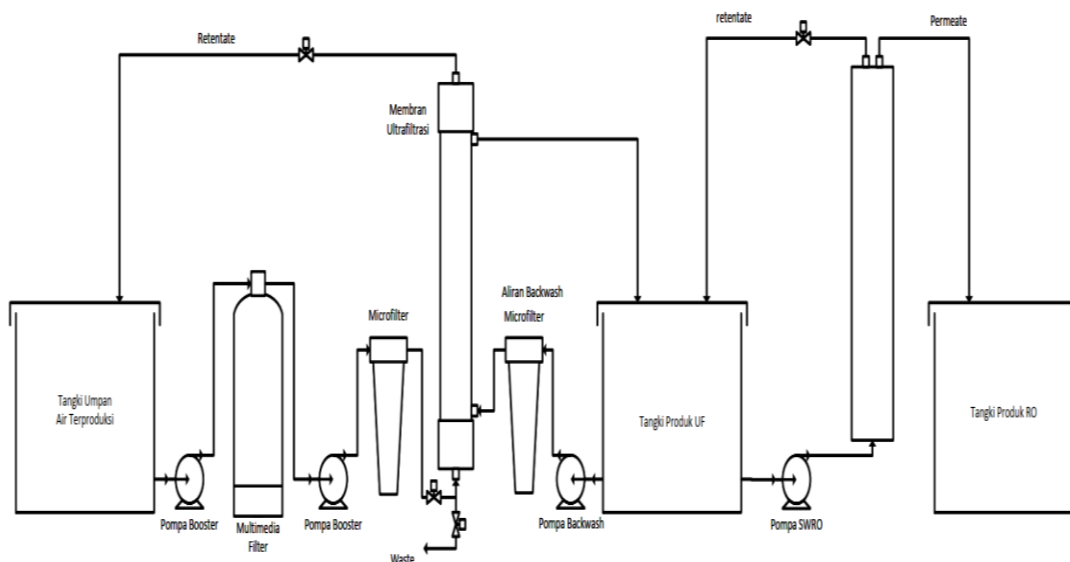
Metode pelaksanaan kegiatan ini adalah sharing wawasan atau penyuluhan dan pemberian Teknologi Tepat Guna (TTG). Pemberian Teknologi Tepat Guna berupa alat pengolah limbah cair tempe, diawali dengan perancangan alat pengolah limbah cair tempe, pembuatan, dan dilanjutkan dengan penyerahan TTG di lokasi mitra. Masyarakat diberikan pendampingan dalam penggunaan alat pengolah limbah cair tempe hingga dapat menggunakannya secara mandiri. Indikator keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat adalah adanya perubahan yang terjadi pada mitra Industri UKM Tempe Rejomakmur.

Indikator capaian kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah mitra UKM Tempe Rejomakmur memahami kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah cair industri tempe terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Indikator keberhasilan kegiatan juga berupa kualitas air yang dihasilkan setelah diolah sesuai dengan baku mutu limbah yang sudah ditetapkan dan tidak mencemari lingkungan. Pelaksanaan Program Pengabdian Kemitraan

dengan UKM Tempe Rejomakmur di Bandungrejo Mranggen Demak dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Adapun tahapan-tahapan tersebut meliputi:

1. Penyuluhan/sosialisasi mengenai kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri tempe terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.
2. Penyuluhan/sosialisasi terkait metode-metode yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah industri tempe beserta produk dan efek sampingnya.
3. Penyuluhan/sosialisasi terkait penggunaan dan perawatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe sebagai solusi pencemaran limbah cair tempe pada lingkungan hidup.
4. Penyerahan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe dan praktik penggunaan teknologi dengan mitra.
5. Kontrol proses dan evaluasi
6. Penyusunan laporan

Pihak yang terlibat dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah warga Desa Bandungrejo RT 02/ RW 06 dan pelaku UKM rejomakmur pembuat tempe, tim kegiatan dari Pengabdian kepada masyarakat Fakultas Teknik Universitas Pandanaran, Dinas Perdagangan Koperasi UKM dan Perindustrian Kota Semarang, dan Dinas Kesehatan Pemerintah Kota Semarang (Disdagkoperin). Limbah cair hasil produksi tempe memiliki karakteristik berupa bahan organik padatan tersuspensi, jika limbah hasil produksi tempe dibuang langsung ke lingkungan, maka akan menimbulkan bau tidak sedap akibat proses fermentasi limbah organik tersebut (Lestari et al., 2021). Inovasi pengolahan limbah cair hasil produksi tempe diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Untuk penerapan TTG pengolah limbah cair industri tempe skema prosesnya ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Unit pengolah limbah cair tempe

Penerapan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe

Setelah dilakukan sosialisasi, langkah selanjutnya adalah penerapan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe. Aplikasi kegiatan penerapan teknologi tepat guna mesin pemisah limbah cair tempe tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi kegiatan penerapan teknologi tepat guna

No	Aplikasi Kegiatan	Metode	Target	Partisipasi Mitra
1	Penyerahan Teknologi Tepat Guna Mesin Pengolah Limbah Cair Tempe	Pelatihan penggunaan dan alat bantu alatnya	Industri Tempe UKM Rejomakmur	Menyediakan lahan dan limbah cair
2	Perawatan Teknologi TTG mesin pengolah limbah cair	Pelatihan penggunaan alat TTG	Industri tempe UKM Rejomakmur	Menyediakan lahan dan limbah cair

Industri tempe menghasilkan limbah padat maupun cair dalam proses pengolahannya. Permasalahan yang dialami mitra UKM Rejomakmur adalah limbah cair yang dihasilkan mempunyai karakteristik bau tak sedap dan berwarna. Pengolahan limbah cair industri tempe sangat dibutuhkan karena merupakan sumber pencemaran potensial apabila limbah terpapar langsung ke lingkungan/badan air. Kandungan zat organik tersuspensi dan terlarut yang tinggi, keasaman yang rendah, pH adalah 4-5, nilai COD cukup tinggi berkisar 6700-10000 ppm menjadikan pengolahan limbah cair industri tempe ini harus ditangani dengan tepat[5]. Beberapa kegiatan pengabdian masyarakat dengan tujuan pengolahan limbah industri tempe/tahu sudah dilakukan misal memanfaatkannya menjadi pakan ternak, pupuk, biogas atau menjernihkannya menggunakan prinsip filtrasi.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari Program kegiatan pengabdian kepada masyarakat dihasilkan beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair yang diperoleh dari kegiatan penyuluhan/sosialisasi yang meliputi koordinasi internal tim pengabdian dan menyiapkan materi sosialisasi. Kegiatan sosialisasi materi 1 dilaksanakan pada tanggal 7 April 2025 dan sosialisasi materi 2 pada tanggal 10 Mei 2025. Pada sesi 1 dilakukan sosialisasi materi 1 tentang kandungan kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri tempe terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Kegiatan ini diikuti oleh mitra yaitu UKM tempe Rejomakmur, mitra dan masyarakat sangat antusias dan memberikan respon positif terhadap materi yang disampaikan. Kegiatan sosialisasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan

Gambar 6. yang menjelaskan beberapa kegiatan pengolahan limbah cair yang diperoleh dari UKM Rejomakmur Bandungharjo Mranggen Kabupaten Demak.



Gambar 5. Sosialisasi materi 1



Gambar 6. Mitra sebagai peserta sosialisasi

pada sesi 2 dilakukan sosialisasi materi 2 tentang metode-metode yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah industri tempe beserta produk dan efek sampingnya. Pada sosialisasi yang kedua ini menitikberatkan terkait pengelolaan limbah secara filtrasi. Berdasarkan hasil uji sampel menunjukkan bahwa pH, BOD, COD, dan TSS sampel masih di atas baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008. Oleh karena itu limbah perlu dikelola agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan dan aman terhadap lingkungan. Setelah dilakukan proses filtrasi dalam skala

laboratorium, maka langkah berikutnya adalah pembuatan sistem pengolahan limbah di lokasi mitra,

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dari program pengabdian ini adalah mitra mendapatkan wawasan terkait dengan pengelolaan limbah cair. Limbah cair dari proses produksi tempe dapat dikelola menggunakan rangkaian alat pengolah limbah cair yang memanfaatkan metode Ultrafiltrasi. Dari proses filtrasi didapatkan limbah dengan pH 7 sehingga aman bagi lingkungan.

Bibliografi

- Analekta Tiara Perdana, 2021. "Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengolahan Limbah Cair Produksi Tempe di Kampung Tempe Kota Tangerang,". Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia, Vol. 04, Nomor 01, pp. 77-88
- Apriyanti, E., Hadiyanto, & Wijayanto, W. (2018). Preparation and Characterization of Volcanic Ash-chitosan Composite Ceramic Membrane for Clean Water Production. *Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), pp. 112–118.
- A. Widarko and N. Humaidah, "IbM Peternakan Kambing Yang Memanfaatkan Limbah Pembuatan Tempe Junrejo Batu," *J. Inov. Has. Pengabdi. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 71–85, 2018
- D. Sari and A. Rahmawati, 2020. "Analisa Kandungan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai," *J. Ilm. Media Husada*, vol. 1, pp. 36–41.
- D. A. Setiawati, G. M. D. Putra, F. I. Khalil, W. Zulfikar, and H. Hirjani, "Aplikasi Kombinasi Filter Bertingkat untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe di Kelurahan Kekalik Jaya Kota Mataram," *J. Abdi Insa. Univ. Mataram*, vol. 6, no. 1, pp. 13–24, 2019
- M. Azhari, 2016 "Pengolahan Limbah Tahu dan Tempe dengan Metode Teknologi Tepat Guna Saringan Pasir sebagai Kajian Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan," *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 1, pp. 1–8, 2016
- Prasetio, J., & Widyastuti, S. (2020). Pupuk Organik Cair Dari Limbah Industri Tempe. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 18(2), 22–32. <https://doi.org/10.36456/waktu.v18i2.2740>
- Salamah, Z., Wahyuni, S. T., & Utami, L. B. (2009). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tempe Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans*, Poir). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 280–286.
- Sari, D., & Rahmawati, A. (2020). Pengelolaan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Media Husada*, 9(1), 47–54. <https://doi.org/10.33475/jikmh.v9i1.210>.
- Supinah, P., Setiawan, W. F., & Pratika Mulya, S. (2020). Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Tempe Sebagai Pupuk Organik Cair Untuk Pengolahan Berkelanjutan di Desa Kuripan Kertoharjo. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(4), 642–646.

Implementasi Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe Berbasis Ultrafiltrasi Dan Zero
Waste Di Desa Bandungrejo Mranggen Demak

Y. Suharto, E. S. Astuti, B. F. Nisa', A. R. Mustafa, and M. F. Azmi, 2020. "Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas sebagai Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan di Tulungagung," J. Graha Pengabdi., vol. 2, no. 3, pp. 172–178..