JOICHE

Journal of Industrial Process and Chemical Engineering

Jurnal homepage : ejurnal.itats.ac.id/JOICHE

Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pembuatan Pupuk Organik Dengan Penambahan Bakteri Baik Pada Yakult, Gula,Dan Air Kelapa

Nyoman Asri, Muthia Lailyana, Muzainah, dan Eka Cahya Muliawati

Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
117 – 123

Tanggal penyerahan:
21 November 2022

Tanggal diterima:
07 Desember 2022

Tanggal terbit:
31 Desember 2022

EMAIL

muthiallyn98@gmail.com

*corresponding author

ABSTRACT

Tofu liquid waste is a white liquid with a thick texture derived from unused tofu production. Tofu liquid waste contains nitrogen, phosphorus, potassium, and protein, which are easily fermentable. It will pollute the environment and cause a bad smell if it is directly thrown away without prior processing. Therefore, tofu liquid waste was processed into organic liquid fertilizer. The purpose of this study was to determine the effect of fermentation time and sugar ratio on the levels of N, P, K Themanufacture of liquid fertilizer involves a fermentation process by adding Yakult and EM-4 because both contain lactobacillus bacteria which can help the fermentation process. The sugar and coconut water were also added in a ratio of 1:0.075, 1:0.125, and 1:0.25. The process of liquid waste fermentation was carried out for 5 days, 10 days, 15 days, and 20 days. Fertilizers were tested using the Kjeldahl method for nitrogen (N) levels, spectrophotometry to determine phosphorus (P_2O_5) levels, and AAS (atomic absorption spectroscopy) for potassium (K_2O) levels. The best levels of N, P, and K were produced from tofu waste with a fermentation process for 10 days by 0.662%, 1.133%, and 1.239%, respectively.

***Keywords**: EM-4, organic liquid fertilizer, tofu waste, Yakult*

ABSTRAK

Limbah cair tahu adalah cairan berwarna putih bertekstur kental yang merupakan hasil dari produksi tahu yang tidak digunakan. Limbah cair tahu memiliki kandungan nitrogen, fosfor, kalium, dan protein yang mudah terfermentasi sehingga dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan bau busukjika dibuang langsung tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, maka limbah akan dimanfaatkan menjadi pupuk cair organik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu fermentasi dan rasio gula terhadap kadar N, P, K. Pembuatan pupuk cair menggunakan proses fermentasi dengan penambahan yakult dan EM-4 dikarenakan sama-sama mengandung bakteri *lactobacillus* yang dapat membantu proses fermentasi, air kelapa dan gula ditambahkan dengan rasio 1:0,075; 1:0,125; 1:0,25. Proses fermentasi limbah cair dilakukan selama 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 20 hari. Pupuk diuji menggunakan metode Kjeldahl untuk kadar nitrogen (N), spektrofotometri untuk mengetahui kadar fosfor (P_2O_5), dan AAS (atomic absorption spectroscopy) untuk kadar kalium (K_2O). Kadar N, P, dan K terbaik dihasilkan dari limbah tahu dengan waktu fermentasi selama 10 hari dan rasio gula 1:0,125 dengan kadar masing-masing 0,662%, 1,133%, dan 1,239%.

Kata kunci : *EM-4, Limbah Tahu, Pupuk Cair Organik, Yakult.*

PENDAHULUAN

Industri tahu di Indonesia semakin bertambah banyak, tetapi kebanyakan produsen masih menggunakan teknologi sederhana, rendahnya teknologi ini berpengaruh pada jumlah limbah yang dihasilkan.Selain itu, sumber daya manusia yang dipekerjakan pada umumnya memiliki taraf pendidikan rendah, sehingga belum terlalu mengetahui proses pengolahan limbah yang baik. sekalipun ada yang mengerti pengolahan limbah industri tahu, hasilnya masih belum sepenuhnya sesuai dengan yang diharapkan [1].

Limbah berbentuk cair dan berwarna putih. Limbah cair tahu mengadung padatan yang tersuspensi. Limbah cair yang tidak menggumpal pada proses tersebut, karena kurangnya penggumpalan. Limbah yang dihasilkan dari proses ini mempunyai volume yang cukup besar, yaitu setiap penggunaan 1 kg kedelai rata- rata membutuhkan 45 liter air dan akan menghasilkan limbah berbentuk cair berupa *whey* (air dadih) sebanyak 43,5 liter. Limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik tinggi, dan suhu mencapai 40-46^{o}C, kadar BOD5 (5.000-10.000 mg/l), COD (7.000-12.000 mg/l), TSS dan pH tinggi [2].

Limbah cair yang berasal dari industri tahu merupakan salah satu masalah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Karena dapat menimbulkan pencemaran air dan menimbulkan bau busuk disekitarnya. Limbah yang dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu, akan mencemari lingkungan dan bau yang berasal dari limbah cair tersebut akan menggangu masyarakat yang tinggaldi dekat sungai. Bau yang dihasilkan disebabkan oleh kandungan protein dan senyawa karbohidrat yang mudah terfermentasi [3]. Dalam penelitian ini peneliti berfokus pada proses pembuatan pupuk cair organik karena dinilai kandungan yang diperlukan dalam pembuatan pupuk seperti fosfor, nitrogen dan kalium terdapat pada limbah cair tahu yaitu unsur hara. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembuatan pupuk pada penelitian kali ini adalah jenis, jumlah dan kualitas mikroorganisme; Proses aerasi; Temperatur; Derajat keasaman (pH), waktu fermentasi, dan kadar P (Fosfor). Dengan mempertimbangkan faktor pembuatan pupuk diatas, penelitian difokuskan pada beberapa faktor yaitu konsentrasi limbah cair tahu, waktu fermentasi, dan rasio perbandingan gula dan air kelapa pada pembuatan pupuk tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Tahu

Tahu merupakan salah satu produk makanan yang diolah dari kedelai, didalamnya mengandung sumber protein, karbohidrat, serat, kalsium, dan lemak yang sangat baik bagi kesehatan tulang,pencernaan, serta menjaga kesehatan darah, dan kulit. Tahu merupakan makanan dengan tekstur yang lembut tetapi tidak hanya itu, tahu juga merupakan makanan yang rendah lemak dan tinggi protein.

Limbah Tahu

Limbah cair tahu adalah cairan berwarna putih memiliki tekstur kental yang tidak menyatu dengan gumpalan tahu atau air dadih, limbah cair tersebut berasal dari proses produksi pembuatan tahu yaitu; proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu [4]. Berikut adalah tabel kandungan yang terdapat pada limbahcair tahu menurut [5]:

Tabel 1. Kandungan Limbah Cair Tahu

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Ph		3,34
2	BOD	Ppm	59,60
3	COD	Ppm	836,00
4	C	%	0,400
5	Organik	%	0,476
6	N	%	0,007
7	P	%	0,019
8	K	Ppm	2,52

Limbah padat (ampas tahu) ini mempunyai bau yang tidak sedap bila tidak segera dimanfaatkan kembali. Limbah padat tahu ini masih dapat dimanfaatkan dan diolah kembali menjadi makanan ringan atau dijadikan pakan ternak, contohnya tempe gambus. Sedangkan limbah dariproduksi tahu yang bersifat cair sulit untuk dibuang ke perairan secara langsung tanpa pengolahan karena limbah cair tahu masih mengandung protein dan karbohidrat tinggi yang dapat menyebabkan pencemaran [6].

Pupuk Cair Organik

Pupuk cair organik adalah cairan atau larutan yang berisi berbagai zat untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk organik cair berasal dari berbagai limbah, diantaranya yaitu; sisa limbah dapur, kotoran dan sampah dedaunan. Kandungan yang terdapat pada pupuk cair organik adalah unsur hara, fosfor, nitrogen, dan kalium. Kalium berfungsi sebagai zat yang dapat memperbaiki unsur hara dalam tanah, sehingga sangat baik bagi tanaman. Kelebihan menggunakan pupuk berbentuk cair adalah lebih mudah untuk diserap oleh tanaman dikarenakan unsur yang terkandung didalamnya sudah terurai. Sehingga, pupuk tersebut mengandung unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

Fermentasi

Fermentasi adalah proses penguraian atau perombakan bahan organik yang dilakukan dalam kondisi tertentu oleh mikroorganisme *fermentative*. Berikut adalah reaksi pada proses fermentasi, yang berguna untuk mendapatkan hara Nitrogen adalah:

Protease

$$\text{Protein} + \text{E.} \xrightarrow{\text{------}} \text{TP} + \text{NADP} + NH_3 + \text{energi}$$

Protein yang didapatkan dari limbah hasil proses pembuatan tahu direaksikan dengan enzim protainase atau protease dan dalam proses tersebut akan terjadi proses pemecahan protein menjadi unsur yang lebih sederhana sehingga menghasilkan amonia (NH_3) [8].

Nitrosomonas

$$NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{----------}} 2HNO_2 + 2H_2O + \text{energi}$$

Kemudian, ammonia (NH_3) yang telah dihasilkan akan direaksikan dengan oksigen (O_2), sehingga mengalami proses nitrifikasi yang dibantu dengan bakteri nitrosomonas dimana amonia akan dirubah menjadi asam nitrit (HNO_2).

Nitrobakter

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{--------}} 2HNO_3 + 2H_2O + \text{energi}$$

Pada proses terakhir, asam nitrit (HNO_2) akan dirubah menjadi asam nitrat (HNO_3) dengan bantuan bakteri nitrobakter. Asam nitrat (HNO_3) inilah yang digunakan dalam kandungan pupuk untuk diserap dan digunakan dalam membantu pertumbuhan serta perkembangan tanaman.

Yakult dan EM4

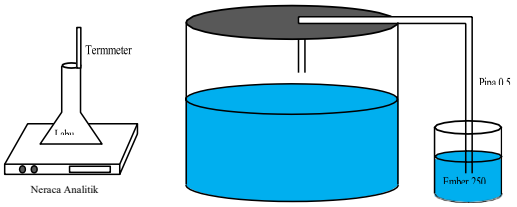
Yakult adalah minuman probiotik dibuat menggunakan susu fermentasi berwarna putih yang mengandung lebih dari 6,5 miliar bakteri *Lactobacillus casei shirota strain*, bakteri *L. casei* Shirota dikenal baik untuk usus dan aman dikonsumsi bagi manusia. EM-4 merupakan suatu cairan berwarna coklat kekuningan mengandung banyak bakteri baik *lactobacillus* yang biasa digunakan untuk menyuburkan tanah pertanian. Pada penelitian ini, memanfaatkan campuran dari dua bahan untuk proses fermentasi yaitu, EM-4 dan Yakult. EM-4 dan yakult mengandung bakteri *lactobacillus* yang berfungsi sebagai bahan fementatif yang dapat menguraikan bahan organik menjadi pupuk [9].

Air Kelapa dan Gula

Air kelapa berupa cairan bening yang terdapat didalam buah kelapa, bagian ini sering dikonsumsi oleh manusia untuk dijadikan obat panas dalam, masuk angin. Air kelapa tidak hanya bermanfaat bagi manusia tetapi juga bermanfaat bagi tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan. Karena mengandung glukosa, fruktosa, sukrosa, dan ZPT (Zat Pengatur Tumbuh) berupa sitokinin, auksin dan sedikit giberelin [10]. Gula adalah zat penambah rasa manis yang memiliki warna dan bentuk yang bermacam-macam. Gula yang akan digunakan pada penelitian ini adalah gula pasir yaitu gula berwarna putih berbentuk butiran halus.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan adalah media aerator berguna untuk berlangsungnya proses aerasi. Media aerator didesain menggunakan dua ember plastik yang dihubungkan dengan selang, pada ember berukuran 1 liter diisi pupuk cair yang akan di fermentasikan kemudian pada ember berukuran 250 ml akan diisi air bersih. Botol yang berisi air bersih tersebut akan menjadi tempat keluarnya udara atau gas yang dihasilkan pada proses fermentasi. Media aerator harus disterilisasikan terlebih dahulu untuk mencegah bakteri masuk dan mengganggu proses pembuatan pupuk. Ember pertama yang berukuran 1 liter lebih besar dibandingkan ember kedua yang berukuran 250 ml dikarenakan volume pupuk yang akan dihasillkan cukup banyak dan pada wadah yang berisi pupuk cair harus disisakan ruang kosong kurang lebih 10%, ukuran selang yang digunakan adalah ½in, dengan diameter sekitar 12 mm.



Gambar 1. Rancangan alat pembuatan pupuk organik cair

Proses Pembuatan Pupuk Organik cair

Limbah cair tahu disiapkan dengan volume sebanyak 500 ml dan telah disaring untuk mengasilkan limbah yang jernih. Setelah itu limbah cair tahu ditambahkan kedalam media aerator yang berisi larutan starter dari 40 ml yakult,

40 EM-4, dan gula pasir sesuai ketentuan. Campuran air kelapa 200ml dan gula dan air secukupnya. Larutan tersebut diaduk sampai tidak mengeluarkan busa yang menandakan larutan sudah tercampur dengan rata. Wadah yang berisi larutan akan dihubungkan dengan selang ke wadah yang berisi air. Larutandifermentasikan selama 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 20 hari. Limbah yang terfermentasi akan dianalisa kadar Kalium (K) dengan alat AAS dan *phosphor* dengan metode spektro UV-Vis dan Nitrogen dengan destilasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Awal Limbah Tahu

Berdasarkan hasil analisa laboratorium bahwa limbah cair tahu memiliki kandungan yang dapat digunakan sebagai pupuk cair organik maka, berikut ini adalah hasil analisa dari kadar Nitrogen, Fosfor, dan Kalium pada limbah cair tahu sebelum di Fermentasi :

Tabel 2 Analisa Awal Limbah Cair Tahu

No.	Parameter	Kadar (%)
1.	N	0,051
2.	P_2O_5	0,039
3.	K_2O	0,027

Limbah cair tahu dianalisa menggunakan menggunakan metode Kjeldahl untuk kadar nitrogen (N), Spektofotometri untuk kadar fosfor (P_2O_5), dan AAS (*Atomic absorption spectroscopy)* untuk kadar kalium (K_2O). Dari hasil diatas, dapat dibuktikan bahwa limbah cair tahu memiliki kandungan yang dapat digunakan sebagai pembuatan pupuk cair organik karena mengandung unsur hara seperti; N (Nitrogen), P_2O_5 (Fosfor), dan K_2O (Kalium).

Hasil Uji Sampel Pupuk Cair Organik

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Nitrogen terhadap Lama Fermentasi dan Rasio Gula

No	Lama Fermentasi (Hari)	Hasil Analisa (%) Rasio Air Kelapa dan Gula		
		1:0,075	**1:0,125**	**1:0,25**
1	5	0,311	0,496	0,375
2	10	0,583	0,662	0,631
3	15	0,578	0,645	0,603
4	20	0,565	0,639	0,571

Tabel 4. Hasil Analisa Kadar Fosfor terhadap Lama Fermentasi dan Rasio Gula

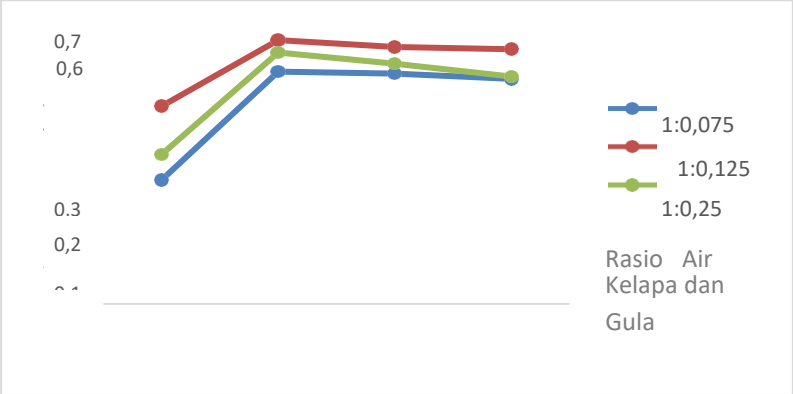
No	Lama Fermentasi (Hari)	Hasil Analisa (%) Rasio Air Kelapa dan Gula		
		1:0,075	**1:0,125**	**1:0,25**
1	5	0,537	0,628	0,579
2	10	0,819	1,133	0,923
3	15	0,791	1,079	0,898
4	20	0,702	0,886	0,801

Tabel 5. Hasil Analisa Kadar Kalium terhadap Lama Fermentasi dan Rasio Gula

No	Lama Fermentasi (Hari)	Hasil Analisa (%) Rasio Air Kelapa dan Gula		
		1:0,075	1:0,125	1:0,25
1	5	0,632	0,714	0,684
2	10	1,034	1,239	1,195
3	15	0,988	1,104	1,072
4	20	0,975	1,085	1,038

Hubungan Kadar Nitrogen dengan Waktu Fermentasi dan Rasio Gula

Berdasarkan hasil penelitian dengan perbandingan rasio air kelapa gula didapatkan hasil gambar 2:



Gambar 2. Hubungan antar kadar nitrogen dengan waktu fermentasimenggunakan rasio gula yang berbeda

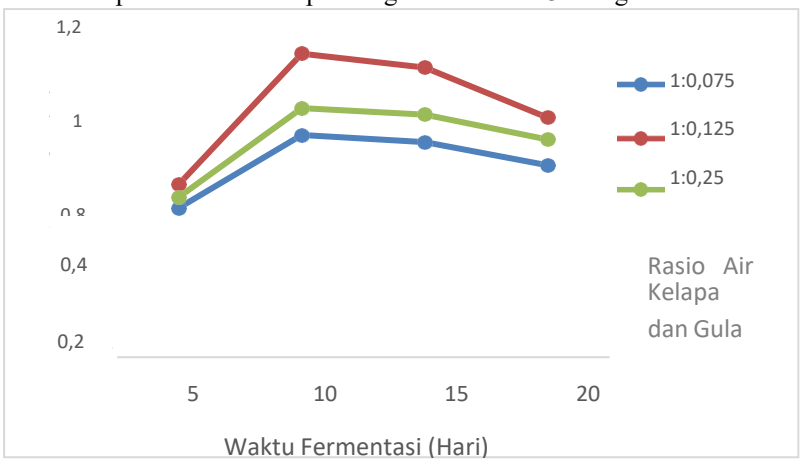
Waktu fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar nitrogen (N), semakin lama waktu yang digunakan untuk proses fermentasi tidak menjamin kadar nitrogen yang dihasilkan juga semakin besarpula. Berdasarkan Gambar 2 grafik hubungan kadar nitrogen dengan waktu fermentasi menggunakan rasio gula yang berbeda bahwa pada fermentasi hari ke-5, kadar nitrogen mengalami kenaikan dari 0,051% menjadi 0,311%. Pada hari ke-10 hari mengalami kenaikan menjadi 0,583%, pada hari ke-15 mengalami penurunan menjadi 0,578%, dan hari terakhir yaitu hari ke-20 juga mengalami penurunan menjadi 0,565%.

Waktu fermentasi tidak menjamin kadar nitrogen yang dihasilkan juga semakin besar, disebabkan karena bakteri memiliki 4 fase pertumbuhan yaitu; fase lag, fase logaritma, fase stasioner, dan fase kematian. Fase lag adalah fase dimana bakteri melakukan penyesuaian pada media yang baru. Fase logaritma terjadi apabila bakteri sudah mengalami pembelahan sel secara aktif, sehingga pada hari ke-10 kadar nitrogen mengalami kenaikan pada semua rasio gula yang diujikan. Fermentasi ke-15 hingga ke-20 hari kadar nitrogen cenderung mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena bakteri memasuki fase stasioner yaitu kadar nutrisi berkurang dan sel pada bakteri mencapai keseimbangan sehingga jumlah sel tidak akan bertambah yang dilanjutkan dengan fase kematian [11, 14-17].

Rasio gula berpengatuh terhadap kadar nitrogen (N), semakin besar rasio gula yang ditambahkan maka sebagian besar kadar nitrogen juga mengalami peningkatan. Kadar awal nitrogen (N) sebelum penambahan gula adalah 0,051% setelah terjadi penambahan gula dengan rasio 1:0,075 terjadi kenaikan hingga 0,311%, pada rasio 1:0,125 terjadi kenaikan hingga 0,496%, dan pada rasio 1:0,25 terjadi kenaikan hingga 0,375%. Kadar nitrogen (N) yang meningkat disebabkan karena kandungan karbohidrat dan gula yang mempunyai fungsi untuk mengoptimalkan kandungan zat hara dalam pupuk cair organik karena karbohidrat berfungsi sebagai starter mikroorganisme untuk mempercepat proses fermentas[15]. Hasil Analisa yang didapatkan adalah kadar nitrogen (N) paling tinggi terkandung pada pupuk cair organik dengan waktu fermentasi selama 10 hari dan rasio gula sebesar 1:0,125 memiliki kadar nitrogen paling besar yaitu 0,662%. Menurut Menteri Pertanian nomor 70/Permentan/ SR.140/10/2011 bahwa kadar Nitrogen yang diijinkan untuk beredar adalah 3-6%, maka pupuk cair organik ini dinyatakan masih belum memenuhi standar mutu.

Hubungan Kadar Fosfor dengan Waktu Fermentasi dan Rasio Gula

Berdasarkan hasil Analisa pada Tabel 4 didapatkan grafik Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Hubungan antara Kadar Fosfor dengan Waktu Fermentasi menggunakan Rasio Gula yang Berbeda

Waktu fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar terhadap kadar fosfor, semakin lama waktu fermentasi tidak menjamin kadar fosfor yang dihasilkan juga semakin besar pula. Gambar 3 grafik hubungan kadar fosfor dengan waktu fermentasi menggunakan rasio gula yang berbeda menunjukkan bahwa fermentasi hari ke-5 kadar fosfor mengalami kenaikan dari 0,039% menjadi 0,537%. Pada hari ke-10 hari mengalami kenaikan menjadi 0,819%, pada hari ke-15 mengalami penurunan menjadi 0,791%, dan pada hari terakhir yaitu hari ke-20 juga mengalami penurunan menjadi 0,702%. Rasio gula berpengaruh terhadap kadar fosfor (P), semakin besar rasio gula yang ditambahkan maka semakin besar kadar fosfor yang didapatkan. Kadar awal fosfor (P) sebelum penambahan gula adalah 0,039% setelah terjadi penambahan gula dengan rasio 1:0,075 terjadi kenaikan hingga 0,537%, penambahan gula dengan rasio 1:0,125 terjadi kenaikan hingga 0,628%, penambahan gula dengan rasio 1:0,25 terjadi kenaikan hingga 0,579%, hal ini disebabkan semakin bertambahnya gula dapat meningkatkan kadar fosfor, karena gula mengandung mineral fosfor sebanyak 1 mg dalam 100 g gula [12]. Hasil analisa menunjukkan kadar fosfor yang tertinggi pada rasio gula 1:0,125 dengan waktu fermentasi selama 10 hari yaitu sebesar 1,133%. Menurut Menteri Pertanian nomor 70/Permentan bahwa kadar Fosfor yang diijinkan untuk beredar adalah 3-6%, maka pupuk cair organik ini dinyatakan masih belum memenuhi standar mutu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Azmi, Edward, and D. Andrio, "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman Typha latifolia dengan Metode Constructed Wetland," *J. Online Mhs. Fak. Tek.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016, [Online]. Available: https://www.neliti.com/id/publications/188004/pengolahan-limbah-cair-industri-tahu-menggunakan-tanaman-typha-latifolia-dengan.

[2] F. Sayow, B. V. J. Polii, W. Tilaar, and K. D. Augustine, "Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa," *Agri-SosioEkonomi*, vol. 16, no. 2, pp. 245–252, 2020, doi: 10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758.

[3] T. Handayani and M. A. Niam, "Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Pupuk Cair Organik dan Es Krim Untuk Meningkatkan Pendapatan dan Pengembangan Produk," *J. Dedik.*, vol. 15, no. 5, pp. 100–106, 2018, doi: 10.22219/dedikasi.v15i0.6445.

[4] S. Suhairin, M. Muanah, and E. S. Dewi, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair di Lombok Tengah NTB," *Selaparang J. Pengabdi. Masy. Berkemajuan*, vol. 4, no. 1, pp. 374–377, 2020, doi: 10.31764/jpmb.v4i1.3144.

[5] A. Aliyenah, A. Napoleon, and B. Yudono, "Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu sebagai Pupuk Cair Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea Reptans Poir)," *J. Penelit. Sains*, vol. 17, no. 3, pp. 102–110, 2015, doi: 10.56064/jps.v17i3.57.

[6] F. Kaswinarni, "Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu : Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali," *J. Ilm. Maj. Lontar*, vol. 22, no. 2, pp. 1–20, 2008, doi: 10.26877/ltr.v22i2.435.

[7] S. S. Santi, "Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam untuk Pupuk Cair Organik dengan Proses Fermentasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 2, pp. 335–340, 2010, [Online]. Available: http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/view/133.

[8] S. S. Santi, "Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam Untuk Pupuk Cair Organik dengan Proses Fermentasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 2, no. 2, pp. 170–174, 2008, [Online]. Available: http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/view/133.

[9] D. P. Sari, "Pengaruh Pemberian Probiotik Em-4 (Effective Microorganism-4) pada Pakan terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis Niloticus)," Universitas Sumatera Utara, 2018.

[10] N. Nurman, E. Zuhry, and I. R. Dini, "Pemanfaatanzpt Air Kelapa dan Poc Limbah Cair Tahu untuk Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (Allium Ascalonicum L.)," *Jom Faperta UR*, vol. 4, no. 2, pp. 1–15, 2017, [Online]. Available: https://www.neliti.com/publications/199040/pemanfaatanzpt-air-kelapa-dan-poc-limbah-cair-tahu-untuk-pertumbuhan-dan-produks.

[11] U. Urnemi, S. Syukur, E. Purwati, S. Ibrahim, and J. Jamsari, "Potensi Bakteri Asam Laktat Sebagai Kandidat Probiotik Antimikroba Patogen Asal Fermentasi Kakao Varietas Criollo," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 6, no. 12, pp. 67–76, 2012, doi: 10.26578/jrti.v6i12.1519.

[12] A. Nuraini, R. Ibrahim, and L. Rianingsih, "Pengaruh Penambahan Kosentrasi Sumber Karbohidrat dari Nasi dan Gula Merah yang Berbeda Terhadap Mutu Bekasam Ikan Nila Merah (Oreochromis Niloticus)," *Saintek Perikan.*, vol. 10, no. 1, pp. 19–25, 2014.

[13] M. Sihombing, "Ketersedian Penelitian Hayati (Biovailability) Gula Putih dan Gula Aren Sebagai Sumber Enerji Pada Tikus Wistar," *Bul. Penlitian Kesehat.*, vol. 23, no. 4, pp. 1–7, 1995, [Online]. Available: http://portalgaruda.fti.unissula.ac.id/index.php?ref=browse&mod=viewarticle&article=71093.

[14] Muliawati, E. C., Santoso, M., Ismail, A. F., Jaafar, J., Salleh, M. T., Nurherdiana, S. D., & Widiastuti, N. (2017). Poly (Eugenol Sulfonate)-Sulfonated polyetherimide new blends membrane promising for direct methanol fuel cell. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, *21*(3), 659-668.

[15] Muliawati, E. C., Ismail, A. F., Jaafar, J., Widiastuti, N., Santoso, M., Taufiq, M., ... & Atmaja, L. (2019). Sulfonated PEI membrane with GPTMS-TiO2 as a filler for potential direct methanol fuel cell (DMFC) applications. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *15*(4), 555-560.

[16] Muliawati, E. C., Widiastuti, N., Santoso, M., Ismail, A. F., & Jaafar, J. (2017). Poly (Eugenol Sulfonate)-Sulfonated Polyetherimide-Titanium Dioxide (TiO2) New Blends Membrane Promising For Direct Methanol Fuel Cell (DMFC). *Proceedings Book*, 36.

[17] Muliawati, E. C., & Mirzayanti, Y. W. (2021). Membran Polieugenol Tersulfonasi (PET) Sebagai Potensi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung. *Journal of Research and Technology*, *7*(2), 247-256.