

ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN DESAIN PROSES PRODUKSI BIOSTIMULAN CAIR BERBASIS FERMENTASI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Rista Rahmaniyah Yansi^{1*}, Ashifa Rahmawati², Mulyana³ & Arinta Agnie Dewantari⁴

^{1,2,3,4}Teknik Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Insan Budi Utomo, Malang, Indonesia

*e-mail korespondensi: rista_rahmaniyah_yans@uibu.ac.id

Abstrak: Pembuangan limbah cair industri tahu tanpa pengolahan yang memadai dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, terutama pada perairan di sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan limbah yang tidak hanya bertujuan menekan dampak pencemaran, tetapi juga memungkinkan pemanfaatan limbah sebagai sumber nilai tambah. Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai biostimulan cair menjadi salah satu solusi inovatif untuk mengurangi pencemaran sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi. Proses produksi dilakukan melalui fermentasi anaerob selama 14 hari menggunakan limbah cair tahu sebagai bahan utama, ditambah EM4, air kelapa, dan molase sebagai nutrisi pendukung. Hasil laboratorium menunjukkan kandungan unsur hara dalam biostimulan cair yaitu N sebesar 0,28%, P sebesar 87,7 ppm dan K sebesar 463 ppm. Hasil kajian menunjukkan biaya produksi awal sebesar Rp. 4.675,00 per liter dapat ditekan menjadi Rp 3.173,00 setelah optimalisasi pabrik dengan kapasitas 6.000 liter per bulan. Analisis ekonomi memperlihatkan keuntungan bersih Rp 10.962.500,00 per bulan dengan periode pengembalian modal (payback period) sebesar 1,3 bulan. Uji coba aplikasi biostimulan cair pada tanaman sawi dan bayam menghasilkan pertumbuhan lebih baik dibandingkan kontrol, ditandai dengan peningkatan tinggi tanaman dan warna daun yang lebih hijau. Pengolahan limbah cair tahu menjadi biostimulan cair terbukti layak diterapkan sebagai strategi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan sekaligus peluang usaha yang menguntungkan dan berpotensi untuk mendukung praktik pertanian ramah lingkungan.

Kata Kunci: limbah cair tahu, biostimulan cair, analisis ekonomi, fermentasi anaerob, pertumbuhan tanaman.

Abstract: The utilization of tofu industry wastewater as liquid biostimulant represents an innovative approach to reducing environmental pollution while simultaneously creating economic value. The production process was carried out through 14 days of anaerobic fermentation, using tofu wastewater as the primary raw material, with EM4, coconut water, and molasses added as supplementary nutrients. The laboratory results showed that the nutrient content in the liquid biostimulant was 0.28% Nitrogen (N), 87.7 ppm Phosphorus (P), and 463 ppm Potassium (K). The results indicate that the initial production cost of Rp 4,675.00 per liter can be reduced to Rp 3,173.00 following plant optimization with a monthly capacity of 6,000 liters. The economic analysis revealed a net profit of Rp 10,962,500.00 per month with a payback period of 1,3 months. Application trials of liquid biostimulant on mustard greens and spinach demonstrated enhanced growth compared to the control, as reflected in increased plant height and greener leaf coloration. The utilization of tofu wastewater for the production of liquid biostimulants has proven to be a viable strategy for environmentally sustainable waste management, while simultaneously providing economic benefits and supporting environmentally friendly agricultural practices.

Keywords: Tofu Wastewater, Liquid Biostimulant, Economic Analysis, Fermentation, Plant Growth

Histori Naskah

Diserahkan: 24-07-2026
Direvisi: 20-06-2026
Diterima: 06-04-2026

This is an open access article under the
CC BY-SA license. Copyright ©2026 by Author. Published
by STKIP PGRI Situbondo



PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu bentuk industri rumah tangga yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia. Dalam proses produksinya, industri ini menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah padat berupa ampas kedelai serta limbah cair yang berasal dari tahap pencucian dan perebusan kedelai. Pada kapasitas produksi 150 kg kedelai per hari, proses pembuatan tahu dapat menghasilkan limbah padat 420.65 kg/hari dan air limbah berkisar 3065,4 liter per hari (Sjafruddin et al., 2022). Limbah cair tahu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan parameter pencemar seperti Biochemical Oxygen Demand (BOD) ≥ 2.290 dan Chemical Oxygen Demand (COD) ≥ 7.904 yang telah melampaui ambang batas baku mutu air limbah (Pambudi et al., 2021). Kandungan bahan organik tersebut pada prinsipnya berpotensi dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi tanaman. Namun, senyawa organik dalam limbah cair tahu umumnya masih berbentuk kompleks sehingga sulit didegradasi oleh organisme tanah (Asril & Leksikowati, 2019). Pembuangan limbah tanpa melalui proses pengolahan akan berdampak pencemaran lingkungan, terutama pada badan perairan. Dampak yang ditimbulkan antara lain bau tidak sedap dan membunuh mahluk hidup yang ada di perairan (Derianto et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan limbah cair tahu yang tidak hanya berorientasi pada pengendalian pencemaran, tetapi juga pada pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang memiliki nilai guna lanjutan.

Berbagai upaya pemanfaatan limbah industri tahu telah banyak dilaporkan dalam penelitian sebelumnya. Limbah cair tahu umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk cair organik (Derianto et al., 2021), maupun sebagai substrat dalam produksi biogas (Nurkholis et al., 2025). Sementara itu, limbah padat berupa ampas kedelai lebih sering dimanfaatkan untuk produk pangan seperti Nata de Soya, tempe gembus, dan keripik (Cahyani et al., 2021), serta sebagai bahan baku kompos (Murrinie et al., 2022). Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk cair organik tidak hanya menjadi solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, tetapi juga berpotensi memberikan nilai tambah ekonomi. Hal ini berkaitan dengan kandungan unsur hara makro yang terdapat di dalam limbah tersebut. Buulolo et al. (2022) melaporkan bahwa pupuk cair dari limbah cair tahu mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan karena kandungan unsur hara seperti Nitrogen, Fosfor, dan Kalium yang terkandung di dalamnya.

Selain menjadi pupuk cair organik, limbah cair industri tahu juga berpotensi sebagai biostimulan. Biostimulan adalah pupuk hayati yang diberikan pada tanah sehingga dapat membantu memperbaiki struktur tanah dengan bantuan mikroorganisme yang terkandung didalamnya dan dapat meningkatkan produksi tanaman (Ataribaba et al., 2021). Berbeda dengan pupuk organik cair yang fungsi utamanya menyediakan unsur hara bagi tanaman, biostimulan bekerja sebagai stimulan yang meningkatkan efisiensi penggunaan hara, aktivitas biologis tanah dan kualitas hasil panen (Ruzzi et al., 2024). Menurut Tahapary et al. (2020) biostimulan digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama tanaman hortikultura dan beberapa tanaman pangan, serta memiliki tingkat pertumbuhan tahunan gabungan atas kebutuhan biostimulan pertanian sebesar 12,5% dari 2013 sampai 2018.

Meningkatnya kebutuhan biostimulan dalam sistem pertanian berkelanjutan telah mendorong pengembangan berbagai produk berbasis sumber daya hayati lokal. Berbagai studi terbaru menunjukkan bahwa biostimulan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan hara, produktivitas tanaman, serta mendukung pengurangan penggunaan pupuk kimia dalam pertanian (Ali et al., 2024). Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada aspek formulasi dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Aspek teknis dan ekonomis yang berkaitan dengan penerapan pada skala produksi, seperti kebutuhan utilitas, efisiensi proses, serta kelayakan biaya, masih jarang dikaji secara mendalam. Selain itu, pemanfaatan limbah cair industri tahu sebagai bahan baku biostimulan dengan pendekatan tekno-ekonomi belum banyak dilaporkan.

Kajian teknis mencakup tahapan proses produksi, efisiensi fermentasi, kestabilan produk, dan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Sementara itu, analisis ekonomi dilakukan untuk menilai biaya produksi, potensi keuntungan, serta aspek kelayakan usaha secara keseluruhan. Pendekatan terpadu antara kajian teknis dan ekonomi diperlukan agar pengolahan limbah tidak hanya berhenti sebagai solusi lingkungan, tetapi juga memiliki peluang untuk diadopsi secara luas oleh pelaku industri kecil seperti pengusaha tahu dan petani (Nadir et al., 2024). Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan biostimulan cair berbasis limbah cair tahu yang tidak hanya dievaluasi dari aspek kualitas produk dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, tetapi juga dari aspek kelayakan ekonomi untuk mendukung implementasi pada skala usaha kecil dan menengah.

METODE

Bahan

Komposisi bahan berdasarkan 1 batch produksi sebanyak 20 liter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Komposisi Bahan Pembuatan Biostimulan Cair

No.	Bahan	Jumlah	Keterangan
1	Limbah cair tahu	15 liter	Sumber nitrogen
2	Air kelapa	2 liter	Sumber nutrisi & mineral
3	Gula merah / molase	250 gram	Sumber karbon
4	EM4	100 ml	Inokulan mikroba fermentasi
5	Air mineral	2–3 liter	Disesuaikan hingga total 20 liter

Metode

Tahapan penelitian dimulai dari kegiatan observasi, pengumpulan data, proses pembuatan biostimulan cair, uji laboratorium, uji efektivitas, analisis tekno ekonomi dan penutup.

Observasi

Observasi dilakukan secara langsung ke Industri Tahu Basmallah yang beralamat di Jl. Pesantren RT.9 RW. 8, Turen, Kabupaten Malang untuk mengamati dan mendokumentasikan proses pengolahan limbah industri tahu yang dihasilkan. Teknik wawancara juga dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai jumlah, pengelolaan limbah dan pandangan pihak industri terhadap alternatif penggunaan limbah sebagai bahan baku biostimulan cair. Tujuan dari observasi ini adalah, mengenali tempat penelitian, mengetahui bagaimana limbah industri diproses atau dibuang, dan ketersediaan limbah sebagai bahan baku biostimulan cair. Hasil dari wawancara diketahui bahwa industri Tahu Basmallah menghasilkan limbah padat (ampas tahu) sekitar 100-120 kg dan limbah cair sekitar 3.000-3.100 liter perhari. Limbah padat biasanya dimanfaatkan untuk pakan ternak sedangkan limbah cair tahu dimanfaatkan untuk air minum ternak dan sisanya akan langsung dialirkan ke sungai.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa komposisi bahan dan alat yang akan digunakan untuk pembuatan biostimulan cair, unsur hara yang terkandung dalam biostimulan cair, nilai harga pokok produksi, nilai Break Even Point (BEP), rancang pabrik pembuatan biostimulan cair, rincian biaya pembuatan pabrik, dan efektivitas biostimulan cair.

1. Proses Pembuatan Biostimulan Cair

Produksi biostimulan cair dilakukan melalui proses fermentasi anaerob berbasis limbah cair tahu sebagai substrat utama. Limbah cair tahu dimanfaatkan karena mengandung senyawa organik terlarut yang berpotensi menjadi sumber nutrisi bagi mikroorganisme selama fermentasi. Adapun tahapannya yaitu:

- Persiapan peralatan yang terdiri dari jerigen atau tong plastik (kapasitas 20–50 liter) yang kedap udara, ember, gayung, saringan halus / kain kasa,

timbangan digital, botol plastik bekas untuk pengemasan produk akhir, label dan spidol.

- b. Persiapan bahan yang digunakan terdiri atas limbah cair tahu sebagai substrat, air kelapa sebagai sumber hara tambahan, gula merah sebagai sumber karbon, EM4 sebagai inokulum mikroba, dan air mineral sebagai pengencer.
- c. Melarutkan 250 gr gula merah dalam air hangat ($\pm 40-50^{\circ}\text{C}$) hingga homogen, kemudian dimasukkan dalam jerigen berisi 15 liter limbah cair tahu.
- d. Tambahkan 100 ml EM4, 2 liter air kelapa, dan air mineral secukupnya hingga volume total larutan 20 liter, kemudian aduk rata.
- e. Fermentasi selama kurang lebih 14 hari pada suhu ruang ($27-30^{\circ}\text{C}$) dan diaduk setiap 2-3 hari untuk mengoptimalkan aktivitas mikroba.
- f. Setelah selesai proses fermentasi maka dilakukan penyaringan menggunakan kain kasa untuk memisahkan residu padatan. Filtrat yang diperoleh berupa biostimulan cair yang selanjutnya dikemas dalam botol plastik bersih dan diberi label identifikasi produk dan tanggal pembuatan produk.

2. Uji Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan untuk meneliti kadar unsur hara makro dalam biostimulan cair hasil fermentasi. Parameter yang dianalisis meliputi nitrogen total (N), fosfor (P) dan kalium (K). Kandungan nitrogen total dianalisis menggunakan metode Kjeldahl yang meliputi tahap destruksi, destilasi dan titrasi. Kandungan fosfor dan kalium dianalisis menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

3. Uji Efektivitas Biostimulan Cair

Uji efektivitas biostimulan cair dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian biostimulan terhadap tanaman sawi dan bayam.

4. Analisis Tekno Ekonomi

Analisis tekno ekonomi untuk mengevaluasi kelayakan produksi biostimulan cair dari aspek teknis dan finansial. Analisis dilakukan berdasarkan skenario produksi skala 6.000 L/bulan. Kapasitas tersebut diperoleh dari asumsi produksi harian sebesar 200 L/hari dengan 30 hari operasi per bulan. Evaluasi ekonomi mencakup perhitungan harga pokok produksi (HPP), biaya untuk produksi skala kecil, biaya untuk produksi skala UMKM, perhitungan Break Even Point (BEP) dan perhitungan payback period (PBP). Hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan teknis dan ekonomi dari pengembangan biostimulan cair, sehingga dapat dipertimbangkan implementasinya pada tingkat masyarakat maupun UMKM secara berkelanjutan.

5. Penutup

Berisi kesimpulan yang disusun berdasarkan hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kadar Unsur Hara (N, P, K)

Proses pembuatan biostimulan cair dilakukan dengan metode fermentasi anaerob selama 14 hari menggunakan bahan utama limbah cair tahu. Biostimulan cair yang telah selesai difermentasi kemudian diambil sebagai sampel untuk dilakukan analisis kandungan unsur hara makro, yaitu Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K). Pengambilan sampel dilakukan setelah proses fermentasi selesai dan campuran bersifat homogen. Sampel yang dianalisis diasumsikan dapat mewakili biostimulan cair secara keseluruhan. Hasil uji laboratorium kadar unsur hara N, P, K dapat dilihat pada Tabel. 2 di bawah ini:

Tabel 2. Kadar Unsur Hara Biostimulan Cair

No.	Sampel	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
1.	Biostimulan Cair	0,28	87,7	463

Metode	Semi Micro Kjeldahl	Spectrofotometri
--------	---------------------	------------------

Hasil analisis menunjukkan bahwa biostimulan cair yang dihasilkan mengandung nitrogen sebesar 0,28%, fosfor sebesar 87,7 ppm (0,0088%), dan kalium sebesar 463 ppm (0,0463%). Hal tersebut menunjukkan kandungan unsur hara makro produk ini di bawah standar pupuk organik cair komersial. Namun demikian, produk ini dikembangkan sebagai biostimulan cair, bukan pupuk organik cair. Efektivitas produk tidak hanya ditentukan oleh kandungan unsur hara, tetapi juga oleh kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah, efisiensi penyerapan hara, dan pertumbuhan tanaman.

Nilai Harga Pokok Produksi (HPP)

Untuk menghitung nilai harga pokok produksi, kita harus mengetahui biaya bahan baku terlebih dahulu. Biaya bahan baku berdasarkan komposisi terdapat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Biaya Bahan Baku

No.	Variabel	Jumlah	Harga
1	Limbah cair tahu	15 Liter	Gratis
2	EM4	100 ml	Rp 3.000
3	Air kelapa	2 Liter	Rp 4.000
4	Gula merah / molase	250 gram	Rp 4.500
5	Air tambahan	2–3 Liter	Rp 2.000
6	Botol penyimpanan	20 unit	Rp 20.000
Total biaya bahan baku			33.500
Biaya Operasional			
7	Tenaga kerja	1 orang	Rp. 60.000
Total Biaya Variabel			Rp. 93.500

$$HPP \text{ per liter} = \frac{\text{total biaya variabel}}{\text{hasil POC}}$$

$$HPP \text{ per liter} = \frac{Rp. 93.500}{20 \text{ Liter}}$$

$$HPP \text{ per liter} = Rp. 4.675/\text{Liter}$$

Untuk menentukan harga jual maka :

$$\text{Harga jual} = \frac{\text{total biaya} + \text{laba yang diinginkan}}{\text{total produksi}}$$

$$\text{Harga jual} = \frac{Rp. 93.500 + (40\% \times Rp. 93.500)}{20 \text{ Liter}}$$

$$\text{Harga jual} = Rp. 6.545/\text{Liter}$$

Berdasarkan data pada Tabel 3, total biaya bahan baku yang dibutuhkan untuk satu kali proses produksi sebesar Rp.93.500 dan menghasilkan 20 liter biostimulan cair. Dengan demikian, estimasi biaya bahan baku per liter produk adalah sekitar Rp 4.675. Proses persiapan produksi relatif singkat, yaitu 20 menit yang mencakup tahap penimbangan, penakaran sesuai formulasi, serta pencampuran hingga homogen sebelum difementasi. Jika yang diinginkan adalah keuntungan 40% dari harga produksi, maka didapat harga jual sebesar Rp 6.545 per liter biostimulan cair. Harga ini jauh lebih murah dibandingkan dengan harga biostimulan cair di pasaran pada umumnya.

Nilai *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan titik impas produksi, yaitu kondisi ketika total penerimaan sama dengan total biaya produksi, sehingga usaha tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Berikut perhitungan BEP biostimulan cair dari limbah cair tahu :

$$BEP \text{ unit} = \frac{\text{total biaya operasional}}{\text{harga jual} - HPP}$$

$$BEP\ unit = \frac{Rp. 60.000}{RRp\ 6.545 - Rp\ 4.675}$$

$$BEP\ unit = 32$$

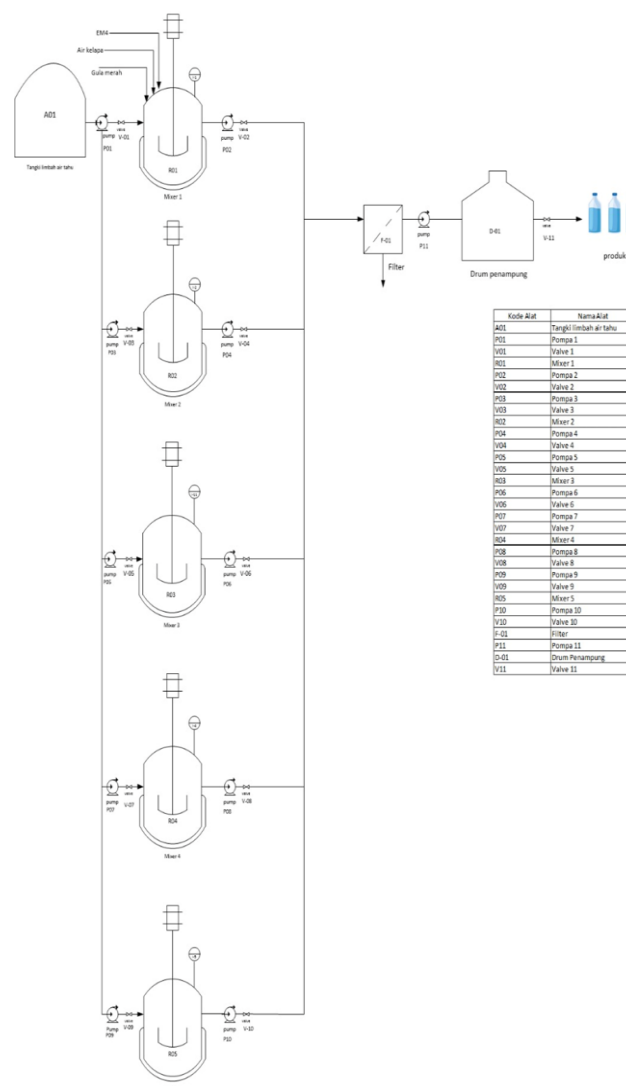
Artinya, penjualan minimal 32 Liter diperlukan agar mencapai titik impas.

Rancang Pabrik Pembuatan Biostimulan Cair dari Limbah Cair Tahu

Rancangan pabrik pembuatan biostimulan cair dari limbah cair industri tahu memperhatikan jumlah limbah yang dihasilkan oleh pabrik tahu dan jumlah pekerja. Gambar rancang pabrik hanya menampilkan 5 mixer agar lebih sederhana dan mudah dipahami. Uraian proses berdasarkan Gambar 1 adalah sebagai berikut:

- a. Limbah cair dari produksi tahu ditampung dalam tangki limbah air tahu (A01) sebagai bahan baku utama.
- b. Pompa 1 (P01) berfungsi untuk memompa limbah cair dari tangki A01 menuju Mixer 1 (R01).
- c. Valve 1 (V01) berfungsi mengatur aliran bahan masuk ke Mixer 1 (R01).
- d. Di dalam Mixer 1 (R01) limbah cair tahu dicampur dengan EM4, air kelapa dan larutan gula merah. Setelah tercampur secara merata, dilakukan proses fermentasi selama 14 hari.
- e. Pompa 2 (P02) dan Valve 2 (V02) digunakan untuk memindahkan cairan hasil fermentasi dari Mixer 1 (R01) menuju proses penyaringan.
- f. Pompa 3 (P03) berfungsi untuk memompa limbah cair dari tangki A01 menuju Mixer 2 (R02).
- g. Valve 3 (V03) berfungsi mengatur aliran bahan masuk ke Mixer 2 (R02).
- h. Di dalam Mixer 2 (R02) limbah cair tahu dicampur dengan EM4, air kelapa dan larutan gula merah. Setelah tercampur secara merata, dilakukan proses fermentasi selama 14 hari.
- i. Pompa 4 (P04) dan Valve 4 (V04) digunakan untuk memindahkan cairan hasil fermentasi dari Mixer 2 (R02) menuju proses penyaringan.
- j. Pompa 5 (P05) berfungsi untuk memompa limbah cair dari tangki A01 menuju Mixer 3 (R03).
- k. Valve 5 (V05) berfungsi mengatur aliran bahan masuk ke Mixer 3 (R03).
- l. Di dalam Mixer 3 (R03) limbah cair tahu dicampur dengan EM4, air kelapa dan larutan gula merah. Setelah tercampur secara merata, dilakukan proses fermentasi selama 14 hari.
- m. Pompa 6 (P06) dan Valve 6 (V06) digunakan untuk memindahkan cairan hasil fermentasi dari Mixer 3 (R03) menuju proses penyaringan.
- n. Pompa 7 (P07) berfungsi untuk memompa limbah cair dari tangki A01 menuju Mixer 4 (R04).
- o. Valve 7 (V07) berfungsi mengatur aliran bahan masuk ke Mixer 4 (R04).
- p. Di dalam Mixer 4 (R04) limbah cair tahu dicampur dengan EM4, air kelapa dan larutan gula merah. Setelah tercampur secara merata, dilakukan proses fermentasi selama 14 hari.
- q. Pompa 8 (P08) dan Valve 8 (V08) digunakan untuk memindahkan cairan hasil fermentasi dari Mixer 4 (R04) menuju proses penyaringan.
- r. Pompa 9 (P09) berfungsi untuk memompa limbah cair dari tangki A01 menuju Mixer 5 (R05).
- s. Valve 9 (V09) berfungsi mengatur aliran bahan masuk ke Mixer 5 (R05).
- t. Di dalam Mixer 5 (R05) limbah cair tahu dicampur dengan EM4, air kelapa dan larutan gula merah. Setelah tercampur secara merata, dilakukan proses fermentasi selama 14 hari.

- u. Pompa 10 (P10) dan Valve 10 (V010) digunakan untuk memindahkan cairan hasil fermentasi dari Mixer 5 (R05) menuju proses penyaringan.
- v. Proses penyaringan dilakukan secara bergantian setelah cairan dalam masing Mixer selesai proses fermentasi.
- w. Filter (F01) berfungsi menyaring padatan tersisa (ampas atau partikel besar) dari cairan hasil fermentasi untuk menghasilkan biostimulan cair yang jernih.
- x. Pompa 11 (P11) berfungsi mendorong biostimulan cair hasil filtrasi ke drum Penampung (D01) sebagai penampungan akhir sebelum pengemasan.
- y. Drum penampung (D01) berfungsi menyimpan biostimulan cair sebelum dikemas.
- z. Valve 11 (V11) digunakan untuk mengatur aliran saat pengemasan ke botol atau wadah produk akhir.



Gambar 1. Rancang Pabrik Pembuatan Biostimulan Cair dari Limbah Cair Tahu

Rincian Biaya Pembuatan Pabrik

Jangka waktu fermentasi pembuatan biostimulan adalah 14 hari sehingga optimalisasi pembuatan pabrik disesuaikan dengan masa fermentasi untuk mendapatkan hasil produksi setiap hari sehingga dibutuhkan 15 Mixer fermentasi (di hari ke-15 panen di Mixer 1).

Tabel 4. Alat dan Biaya Pembuatan Pabrik

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	A01	Tangki limbah air tahu (200 L, plastik HDPE)	1 unit	500.000	500.000
2	R01-R15	Mixer Fermentasi 1-15 (drum 200 L + pengaduk manual)	15 unit	750.000	11.250.000
3	D01	Drum penampung hasil fermentasi (200 L)	1 unit	400.000	400.000
4	F01	Filter kain kasa + rangka penyaring	1 set	150.000	150.000
5	P01 – P11	Pompa cairan mini 12V DC / manual (10 buah)	11 unit	75.000	825.000
6	V01 – V11	Valve keran plastik 1/2 inci	11 unit	25.000	275.000
7	-	Selang fleksibel + konektor	10 meter	15.000	150.000
8	-	Timbangan digital 5 kg	1 unit	125.000	125.000
9	-	Ember + gayung + alat ukur lainnya	1 paket	100.000	100.000
10	-	Botol kemasan 1 L (plastik HDPE + tutup)	100 pcs	1.500	150.000
11	-	Spidol + label penanda fermentasi	1 paket	25.000	25.000
12	-	Biaya Instalasi & setting awal	-	300.000	300.000
Total Investasi Awal					14.250.000

Keterangan dan Asumsi :

1. Kapasitas produksi adalah 200 liter/hari, dengan 15 mixer aktif.
2. Alat yang digunakan sebagian bersifat sederhana dan dapat diperoleh lokal.
3. Pompa, valve, dan filter digunakan untuk sirkulasi dan efisiensi.
4. Daya tahan alat produksi diasumsikan hingga 5 tahun (resitusi per bulan = Rp 237.500, resitusi per hari = Rp 7.916 $\approx$ Rp 8.000)

Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan pabrik adalah Rp 14.250.000,00 dengan daya tahan alat produksi diasumsikan hingga 5 tahun. Biaya selanjutnya yang dibutuhkan untuk produksi adalah biaya bahan baku dan biaya operasional.

Tabel 5. Biaya Variabel

No.	Variabel	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Biaya (Rp)
Biaya Bahan Baku				
1	Limbah cair tahu	6.000 L	Gratis	-
2	EM4	40.000 ml	25.000/1000 ml	1.000.000
3	Air kelapa	800 L	2000/L	1.600.000
4	Gula merah/molase	100 kg	15.000/kg	1.500.000
5	Label & kemasan tambahan	6000 pcs	300/pcs	1.800.000
6	Botol 1 Liter	6000 pcs	1.500/pcs	9.000.000
Total Biaya Bahan Baku				14.900.000
Biaya Operasional				

7	Air tambahan & Listrik	800 L & Listrik	-	200.000
8	Tenaga kerja 2 orang	30 hari	60.000/hari	3.600.000
9	Transportasi / distribusi	-	-	100.000
10	Investasi alat / bulan			237.500
Total Biaya Operasional				4.137.500
Total Biaya Variabel				19.037.500

Berdasarkan Tabel 5 diketahui total biaya variabel adalah Rp 19.037.500,00 sehingga dapat dihitung biaya HPP pasca optimalisasi produksi sebagai berikut:

$$HPP \text{ per liter} = \frac{\text{total biaya variabel}}{\text{hasil POC}}$$

$$HPP \text{ per liter} = \frac{Rp. 19.037.500}{6.000 \text{ Liter}}$$

$$HPP \text{ per liter} = Rp \frac{3.173}{\text{Liter}}$$

Asumsi keuntungan 50% = Rp 1.587

Asumsi harga jual/liter = Rp 4.760 $\approx$ Rp 5.000

Dari perhitungan diketahui harga jual biostimulan cair dari limbah cair industri tahu adalah Rp 5000,00. Harga ini termasuk rendah dibandingkan dengan harga biostimulan cair di pasaran. Dengan harga jual Rp 5.000,00/Liter didapatkan pendapatan bulanan sebesar Rp 30.000.000,00 dan analisis keuntungan sebesar Rp 10.962.500,00. Setelah mengetahui pendapatan dan keuntungan, juga dapat dihitung BEP unit dari produksi.

$$BEP = \frac{\text{biaya operasional}}{\text{harga jual per liter} - \text{biaya produksi per liter}}$$

$$BEP = \frac{Rp. 4.137.500}{Rp. 5.000 - Rp. 3.173}$$

$$BEP = 2.265 \text{ Liter}$$

Artinya, minimal 2.265 Liter penjualan per bulan untuk mencapai titik impas. Kalkulasi hitungan jika ada investor yang akan mendanai proyek pembuatan pabrik biostimulan cair, dapat ditunjukkan bahwa penghitungan balik modalnya (*payback period*) adalah sebagai berikut:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{keuntungan bersih per bulan}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{Rp 14.250.000}{Rp 10.962.500}$$

$$\text{Payback Period} = 1,3 \text{ bulan}$$

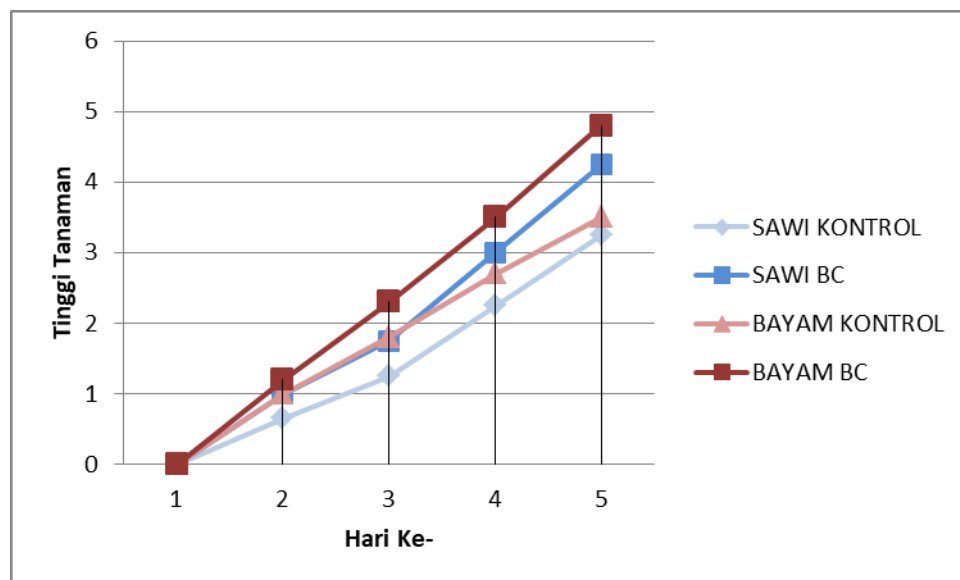
Artinya, balik modal < 1,3 bulan jika produksi dan penjualan stabil. Analisis sensitivitas sederhana terhadap kenaikan harga EM4 dan molase sebesar 10%, 20%, dan 30% dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan usaha terhadap perubahan harga bahan baku. Kedua bahan tersebut dipilih karena merupakan komponen utama fermentasi yang harganya relatif dipengaruhi kondisi pasar.

Pada kondisi dasar, total biaya variabel sebesar Rp19.037.500 per bulan dengan HPP sebesar Rp3.173/L dan keuntungan bersih Rp10.962.500 per bulan. Apabila harga EM4 dan molase meningkat sebesar 10%, total biaya produksi meningkat menjadi sekitar Rp19.287.500 sehingga HPP naik menjadi Rp3.215/L. Kenaikan harga sebesar 20% menghasilkan HPP sekitar Rp3.257/L, sedangkan kenaikan sebesar 30% menghasilkan HPP sekitar Rp3.298/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan harga EM4 dan molase hingga 30% hanya meningkatkan HPP sekitar 3,9% dibandingkan kondisi dasar. Hal ini disebabkan kontribusi

kedua bahan tersebut terhadap total biaya produksi relatif kecil dibandingkan biaya kemasan dan tenaga kerja.

Uji Coba Biostimulan Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi & Bayam

Uji efektivitas biostimulan cair dari limbah air tahu dilakukan dengan cara membandingkan tinggi tanaman sawi dan bayam yang diberi biostimulan cair dan tidak. Tanaman sawi dan bayam yang diberi biostimulan menunjukkan pertumbuhan lebih cepat dibandingkan tanaman sawi dan bayam kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa biostimulan cair dari limbah tahu berperan efektif dalam menyediakan unsur hara yang mendukung pertumbuhan tanaman.



Gambar 2. Grafik Pertumbuhan tanaman Sawi dan Bayam (tinggi tanaman di grafik dalam cm)

SIMPULAN

Limbah cair tahu pada industri Tahu Basmallah di Desa Turen memiliki potensi tinggi untuk diolah menjadi biostimulan cair melalui proses fermentasi anaerob selama 14 hari. Biostimulan yang dihasilkan mengandung unsur hara N sebesar 0,28%, P sebesar 87,7 ppm dan K sebesar 463 ppm. Peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan biostimulan cair mudah diperoleh dan dapat diterapkan dalam skala industri rumah tangga hingga UMKM.

Pengoptimalisasian produksi biostimulan cair dengan pembangunan pabrik didesain menggunakan 15 Mixer fermentasi dengan masing-masing kapasitas 200 L sehingga potensi produksi dalam 1 bulan adalah 6000 L. Analisis ekonomi menunjukkan usaha ini layak dan menguntungkan, dengan analisa biaya produksi sebelum pembuatan pabrik diketahui memiliki nilai HPP Rp 4.675,00 dan setelah optimalisasi pabrik ditemukan nilai HPP yaitu Rp 3.173,00 artinya berpengaruh signifikan dan mampu menjawab kebutuhan pengolahan limbah yang cukup besar yaitu 6.000 liter/bulan. Nilai keuntungan per bulan sesuai asumsi perhitungan yaitu Rp 10.962.500,00 dan jangka waktu balik modal adalah < 2 bulan (1,3 bulan).

Penggunaan biostimulan cair dari limbah cair tahu terbukti memberikan pengaruh positif terhadap fase pertumbuhan tanaman sawi dan bayam sehingga berpotensi diaplikasikan lebih luas sebagai penambah unsur hara ramah lingkungan sekaligus solusi pemanfaatan limbah industri tahu.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Uji efektivitas biostimulan cair yang dilakukan masih bersifat awal dan terbatas pada pengamatan pertumbuhan tanaman sawi dan bayam dalam skala sederhana, sehingga belum dapat sepenuhnya merepresentasikan

kondisi budidaya di lapangan. Selain itu, penelitian ini belum mengevaluasi pengaruh aplikasi biostimulan terhadap produktivitas tanaman, kualitas hasil panen, maupun perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dalam jangka panjang. Penelitian lanjutan perlu dilakukan melalui uji lapangan pada berbagai jenis tanaman dengan skala yang lebih luas dan periode pengamatan yang lebih panjang. Selain itu, perlu dilakukan karakterisasi senyawa bioaktif hasil fermentasi dan evaluasi dosis aplikasi yang optimum.

DAFTAR RUJUKAN

- Ali, A., Niu, G., Masabni, J., Ferrante, A., & Cocetta, G. (2024). Integrated Nutrient Management of Fruits, Vegetables, and Crops through the Use of Biostimulants, Soilless Cultivation, and Traditional and Modern Approaches—A Mini Review. *Agriculture*, 14(8), 1330. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081330>
- Asril, M., & Leksikowati, S. S. (2019). Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik Asal Limbah Cair Tahu Sebagai Dasar Penentuan Agen Pembuatan Biofertilizer. *Elkawnie*, 5(2), 86. <https://doi.org/10.22373/ekw.v5i2.4356>
- Ataribaba, Y., Peten, P. S., & Mual, C. D. (2021). Pengaruh Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) di Kampung Sidomulyo, Distrik Oransbari, Kabupaten Manokawari Selatan, Provinsi Papua Barat. *JURNAL TRITON*, 12(2), 66–78. <https://doi.org/10.47687/jt.v12i2.215>
- Buulolo, T., Fau, A., & Fau, Y. T. V. (2022). Pengaruh Penggunaan Limbah Cair Ampas Tahu Terhadap Pertumbuhan Tanaman Terung Ungu (*Solanum Melongena* L.). *TUNAS : Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.57094/tunas.v3i1.476>
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., Lestari, W. W., & Widjonarko, D. M. (2021). Pengolahan limbah tahu dan potensinya. *Proceeding of Chemistry Conferences*, 6, 27–33. <https://doi.org/10.20961/pcc.6.0.55086.27-33>
- Derianto, A., Lestari, F., Nur, M., & Hartati, M. (2021). TURNITIN_Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu menjadi Pupuk Cair dengan Metode Eksperimen (Studi Kasus: CV. Tahu Boga Sari). *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 18(02), 274–282.
- Murrinie, E. D., Hadi Sridjono, H. H., & Arini, N. (2022). Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Menjadi Kompos pada Industri Tahu di Desa Ploso Kecamatan Jati Kabupaten Kudus. *Muria Jurnal Layanan Masyarakat*, 4(2), 72–79. <https://doi.org/10.24176/mjlm.v4i2.7355>
- Nadir, M., Umamah, N., & Fadllan. (2024). Integrasi Prinsip Green Islamic Economy dalam Pengelolaan Limbah Tahu: Model Sirkular Berbasis Biogas. *Moderasi : Journal of Islamic Studies*, 5(2), 657–672. <https://doi.org/10.54471/moderasi.v5i2.135>
- Nurkholis, N., Thamrin, S., & Boedoyo, M. S. (2025). Potensi Air Limbah Tahu Sebagai Sumber Energi Terbarukan (Biogas) untuk Meningkatkan Ketahanan Energi Daerah. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(1), 926–934. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i1.7005>
- Pambudi, Y. S., Sudaryantiningsih, C., & Geraldita, G. (2021). Analisis karakteristik air limbah industri tahu dan alternatif proses pengolahannya berdasarkan prinsip-prinsip teknologi tepat guna. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(8), 4180–4192. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i8.3739>
- Ruzzi, M., Colla, G., & Roupheal, Y. (2024). Editorial: Biostimulants in agriculture II: towards a sustainable future. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1427283>
- Sjafruddin, R., Agustang, A., & Pertiwi, N. (2022). Estimasi Limbah Industri Tahu Dan Kajian Penerapan Sistem Produksi Bersih. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(2). <https://doi.org/10.36312/jime.v8i2.2826>

Tahapary, P. R., Rehatta, H., & Kesaulya, H. (2020). Pengaruh Aplikasi Biostimulant terhadap Pertumbuhan dan Produksi Selada (*Lactuca sativa* L.). *JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN*, 16(2), 109–117. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.2.109>