



## Pemanfaatan Limbah Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair Di Kelurahan Batu Kota Bawah Kecamatan Malalayang

Praysela B. Kawuwung<sup>#a</sup>, Herawaty Riogilang<sup>#b</sup>, Pingkan A. K. Pratasis<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>prayselakawuwung@gmail.com, <sup>b</sup>hera28115@gmail.com, <sup>c</sup>pingkanpratasis@unsrat.ac.id

### Abstrak

Industri Tahu merupakan industri pangan menghasilkan sumber protein dengan bahan dasar dari kacang kedelai, sebagai salah satu makanan pokok yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia, termasuk di Kota Manado. Industri tahu ini menghasilkan limbah padat (ampas tahu) yang bisa digunakan sebagai pakan ternak dan limbah cair yang berasal dari proses pencucian kedelai, perendaman, perebusan, penyaringan, pengepresan, dan pencetakan tahu serta pencucian alat dan lantai (Samsudin et al. 2018). Kelurahan Batukota Bawah merupakan lokasi mayoritas industri tahu, dikarenakan lokasi yang dekat dengan sungai. Limbah cair dari industri produksi tahu rata-rata tidak diolah dan hanya dibuang langsung ke selokan yang mengalir ke sungai sehingga menimbulkan dampak negatif yaitu mencemari sungai dan menurunkan estetika lingkungan sekitar kelurahan tersebut. Penelitian ini bertujuan mengurangi dampak limbah cair dengan memanfaatkannya sebagai pupuk organik cair (POC). Metode penelitian adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada 2 taraf perlakuan, yaitu tanpa aplikasi POC limbah cair tahu (P0) dan aplikasi 3 liter POC limbah cair tahu (P1). Hasil uji limbah cair tahu setelah difermentasi menunjukkan peningkatan pada BOD, COD, TDS, Kalium, dan Fe, serta penurunan TSS, pH, dan Fosfor. Pengaplikasian POC pada tanaman pakcoy (*Brassica Rapa L*), bayam (*Amaranthus tricolor L*), dan sawi putih (*Brassica Juncea L*) dengan teknik menanam hidroponik (*Wick System*) menunjukkan bahwa POC dari limbah tahu sangat asam karena kadar POC yang tidak sesuai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 sehingga mempengaruhi perubahan tinggi tanaman.

*Kata kunci: Sungai Batukota Bawah, limbah industri tahu, pupuk organik cair limbah tahu, tanaman hidroponik*

### 1. Pendahuluan

Industri Tahu merupakan industri pangan menghasilkan sumber protein dengan bahan dasar dari kacang kedelai yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia. Industri tersebut berkembang pesat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk, tahu dan tempe yang sudah menjadi salah satu jenis makanan pokok atau pelengkap bagi masyarakat kota Manado. Proses pengolahan tahu dapat menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa ampas tahu dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan ternak. Sedangkan limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses pencucian kedelai, perendaman, perebusan, penyaringan, pengepresan, dan pencetakan tahu serta pencucian alat dan lantai yang masih mengalami potensi pada pencemaran lingkungan karena tidak diolah dan dibuang langsung ke sungai (Samsudin et al. 2018).

Kelurahan Batukota Bawah adalah salah satu kelurahan di Kecamatan Malalayang yang merupakan lokasi mayoritas industri tahu hal ini dikarenakan lokasi yang dekat dengan sungai. Limbah cair dari industri produksi tahu rata-rata tidak diolah dan hanya dibuang langsung ke selokan yang mengalir ke sungai. Kasus ini dilakukan secara bertahun-tahun sehingga menimbulkan dampak negatif yaitu mencemari sungai dan menurunkan estetika lingkungan

sekitar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sumber-sumber pencemaran. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh langsung aktivitas lahan persawahan, terhadap peningkatan konsentrasi nilai parameter BOD, COD dan Fosfat. Limbah cair tahu banyak mengandung bahan organik dibandingkan bahan anorganik. Kandungan protein limbah cair tahu mencapai 40-60 %, karbohidrat 25-50 %, dan lemak 10 %. Limbah tahu diketahui mengandung BOD (Biological Oxygen Demand) sebesar 5000-10.000 mg/l dan COD (Chemical Oxygen Demand) 7000 - 12.000 mg/l serta tingkat keasaman yang sangat rendah, yaitu 4-5. Suhu dari limbah tahu dapat mencapai 40-46 °C dan dapat mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen, dan gas lainnya, juga kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan. Air limbah tahu bersifat asam karena proses penggumpalan sari kedelai membutuhkan bahan penolong yang bersifat asam. Keasaman limbah dapat membunuh mikroba (Marian et al. n.d.).

Upaya untuk mengurangi pencemaran sungai dapat dikembangkan dengan membuat pupuk organik cair (POC) dari limbah cair tahu. Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai bahan dasar pembuatan pupuk cair organik memiliki hasil sangat bagus dibuktikan penelitian oleh Amin et al. 2017, ketika diterapkan limbah tahu mengandung unsur hara N 1,24%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5.54 %, K<sub>2</sub>O 1,34 % dan C-Organik 5,803 % yang merupakan unsur hara essensial yang dibutuhkan tanaman. Begitu juga dengan unsur hara N berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman pakcoy seperti penambahan tinggi tanaman dan luas daun. Kandungan hara pada limbah cair tahu yang telah difermentasi dapat langsung diserap oleh tanaman.

Penggunaan POC limbah cair tahu sebagai sumber nutrisi pada tanaman yang dibudidayakan secara hidroponik sudah banyak dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian Rohmah et al (2016) menyimpulkan bahwa penggunaan limbah cair tahu 100% menunjukkan hasil terbaik terhadap pertumbuhan kangkung darat yang ditanam secara hidroponik. Selanjutnya Dewi et al. (2022) menyampaikan bahwa limbah cair tahu 4,4 ml per plot merupakan konsentrasi terbaik pada bayam merah yang ditanam secara hidroponik. Disimpulkan juga pada penelitian Mahadi et al. n.d bahwa pemberian POC fermentasi limbah cair tahu sebagai media hidroponik rakit apung pada selada merah berpengaruh terhadap semua parameter pertumbuhan tanaman yaitu tinggi, lebar daun, jumlah daun, panjang akar, bobot basah dan bobot kering, direkomendasikan perlakuan dengan konsentrasi 2,5 liter fermentasi limbah cair tahu dan 5 liter air.

Dari hasil pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair (POC) juga menjadi solusi yang menguntungkan di bidang pertanian seperti petani menggunakan pupuk ekonomis yang mudah dibuat serta dapat mengurangi penggunaan pupuk NPK.

## 2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan Malalayang Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. Tidak kurang dari 6 unit industri tahu dan tempe di kelurahan tersebut. Hal ini dikarenakan pemilihan tempat yang dekat dengan sungai yang rentan untuk dicemari dan berada di tengah lokasi pemukiman.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Industri Tahu

Lokasi analisis sampel dilakukan di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado di Paniki Dua, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara.



**Gambar 2.** Penelitian Lokasi Analisis Sampel

Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 3-4 bulan, dengan estimasi pengujian sampel 18 hari serta target pencapaian untuk meneliti tanaman yang akan diaplikasikan ke 3 jenis tanaman sampai jadi yaitu selama 30-40 hari.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana ada tahap pengamatan secara langsung kualitas air sungai yaitu warna, bau dan estetika lingkungan sekitar. Selanjutnya, pengambilan serta analisis sampel air limbah murni dan air limbah yang sudah difermentasikan menjadi pupuk organik cair (POC) untuk mengetahui kemampuan pemanfaatan limbah tahu menjadi pupuk organik cair (POC) dengan parameter yang diuji BOD, COD, TSS, dan pH.

Kemudian hasil dari pengujian tersebut digunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada 2 taraf perlakuan, yaitu : tanpa aplikasi POC limbah cair tahu (P0) dan aplikasi 3 liter POC limbah cair tahu (P1). Setiap perlakuan diaplikasikan ke 3 jenis tanaman sayuran yaitu tanaman pakcoy (*Brassica Rapa L*), bayam (*Amaranthus tricolor L*), dan sawi putih (*Brassica Juncea L*) dengan teknik menanam hidroponik (*Wick System*).

### 2.1. Alat dan Bahan

Untuk membuat POC yang disiapkan yaitu wadah atau botol sampel limbah tahu, wadah pencampuran POC, pengaduk, sampel limbah tahu 10.000 ml (10 Liter), emulase atau larutan gula merah dan EM-4 (Effective Microorganism 4) 1.500 ml. Untuk penanaman hidroponik menggunakan Bak hidroponik (3), rockwool, nampan, netpot, sumbu, alat pH meter dan TSS, botol spray tanaman, plastik hitam, bibit tanaman (sayur pakcoy, bayam dan sawi putih), pupuk organik cair (POC) yang sudah di fermentasi, serta air seperlunya.

### 2.2. Pengamatan dan Pengambilan Sampel

Pengamatan dilakukan terhadap sungai tercemari oleh limbah industri tahu di Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan Malalayang, parameter yang diamati yaitu kekeruhan air, bau, warna, dan tempat pembuangan limbah industry tahu ke sungai.

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali dengan 1 lokasi yang sama.

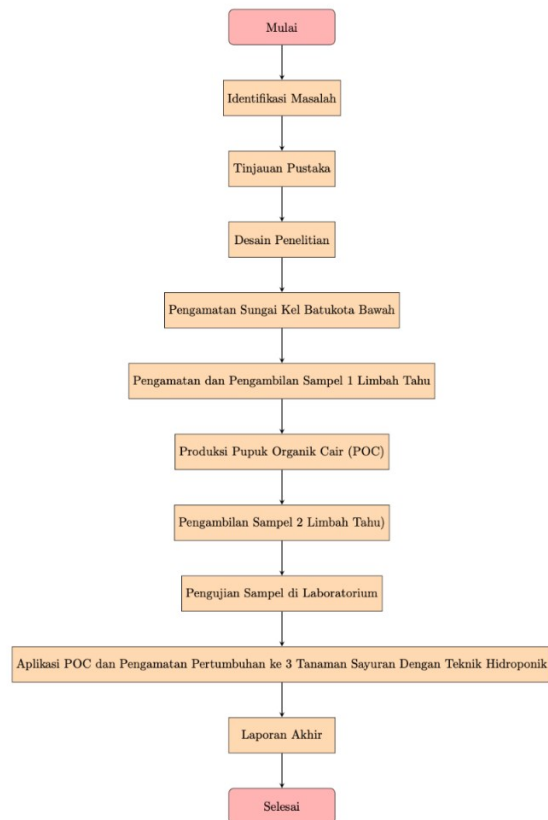
- Sampel 1 diambil pada salah satu pabrik industri tahu untuk pengolahan pupuk organik cair (POC) serta pengujian di laboratorium.
- Sampel 2 diambil di tempat yang sama pada sampel 1 untuk uji laboratorium limbah tahu murni

### 2.3. Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC)

Berikut ini langkah-langkah dalam membuat pupuk organik cair (POC) dengan menggunakan 3 bahan yaitu limbah cair tahu, emulase atau larutan gula merah dan EM-4

(*Effective Microorganism - 4*).

1. Siapkan semua alat dan bahan
2. Semua limbah tahu dicampurkan dengan emulase atau larutan gula merah dan EM-4 (*Effective Microorganism 4*) pada wadah yang dapat ditutup
3. Diaduk secara merata
4. Kemudian tutup wadah tersebut dan tunggu masa fermentasi selama 15 hari
5. Setelah masa fermentasi, pupuk organik cair yang sudah jadi dimasukkan kedalam botol yang sudah disiapkan
6. Aplikasikan ke tanaman sesuai metode RAL dengan teknik hidroponik (*Wick System*)



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

#### 2.4. Proses Penanaman

Benih diseleksi terlebih dahulu dengan cara merendam benih dalam air selama 12 jam. Benih yang digunakan adalah benih yang tenggelam. Kemudian benih yang telah dipilih, disemai ke media tisu yang sudah terkena percikan air sehingga lembab sebanyak 10-20 bibit tiap jenis tanaman, kemudian tutup nampan dan diamkan selama 1 malam dengan catatan tidak boleh terkena sinar matahari, harus di tempat yang gelap dan disarankan menggunakan plastik hitam untuk menutup wadah.

Keesokan harinya, pemindahan bibit yang sudah jadi ke rockwool dan berikan percikan air sampai rockwool lembab. Kemudian, letakkan di tempat yang terkena sinar matahari selama 7-10 hari. Perawatan pada benih terus dilakukan yaitu semprot dengan air secukupnya menggunakan botol spray setiap pagi dan sore hari sampai menjadi bibit yang siap dipindahkan ke hidroponik.

Mengikuti 2 taraf perlakuan Rancangan Acak Lengkap (RAL) maka pertama tama masukkan air sebanyak 3 liter kedalam bak hidroponik sebagai kontrol dan berikutnya masukkan air 1 liter diikuti dengan 2 liter pupuk organik cair (POC) campurkan kedua bahan tersebut menggunakan pengaduk. Setelah itu, pasang sumbu pada netpot, letakkan bibit yang sudah jadi pada netpot bersumbu (pastikan sumbu menyentuh larutan POC), letakkan pada tempat yang terkena sinar matahari.

Pemeliharaan dilakukan dengan cara mengecek larutan campuran air dan pupuk organik cair (POC) setiap 3-5 hari sekali, jika berkurang maka tambahkan lagi per 15 ml. Kemudian dibuat data hasil perkembangan tinggi tanaman (cm) dari hasil mengamati.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

##### 3.1.1 Pengamatan Sungai Dekat Industri Tahu beserta Pembuangan Limbah Industri Tahu di Kelurahan Batu Kota Bawah Kecamatan Malalayang

Hasil pengamatan sungai dekat industri tahu menunjukkan bahwa sungai Sebagian besar berwarna hijau putih terlihat dari beberapa genangan dekat lokasi industri tahu, hal ini disebabkan air sungai tercampur dengan limbah industri tahu tersebut yang dibuang secara langsung tanpa pengolahan. Unsur lain yang diamati bau sungai, dikarenakan air sungai selalu mengalir maka air sungai di Kelurahan Batu Kota Bawah tidak berbau. Pengamatan secara langsung mengenai estetika lingkungan, sungai dibeberapa titik dekat industri tahu tergenang dengan limbahnya sehingga tidak estetik dilihat, begitupun sangat dekat dengan lokasi pemukiman masyarakat sehingga air sungai tidak layak digunakan keperluan aktivitas sehari-hari masyarakat.

##### 3.1.2 Analisis Limbah Cair Tahu menjadi POC

Hasil analisis laboratorium Limbah Cair Tahu menjadi POC menunjukkan adanya perubahan pada unsur yang terkandung pada limbah cair industri tahu sebelum fermentasi dengan limbah cair tahu sesudah fermentasi.

**Tabel 1.** Tabel Hasil Analisis Laboratorium Limbah Cair Tahu Sebelum dan Sesudah Fermentasi Menjadi POC

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pemeriksaan		Selisih	Keterangan
			Sebelum	Setelah		
1	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/L	6.592	12.041	5.449 (+)	*PerMen LH RI No. 5 th 2014 Standar BOD = 150 mg/L COD = 300 mg/L TSS = 200 mg/L
2	Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/L	8.900	28.000	19.100 (+)	
3	Padatan tersuspensi (TSS)	mg/L	1.160	240	920 (-)	
4	Padatan terlarut (TDS)	mg/L	7.270	9.300	2.030 (+)	7.000 – 20.000
5	Derajat keasaman (pH)	-	3,11	2,62	0,49 (-)	6,5-7,5
6	Fosfor	mg/L	0,36	0,32	0,04 (-)	*PerMentan RI No. 70 th 2011 Standar Fosfor = 3-6% (30.000-60.000 mg/L) Kalium = 3-6% (30.000-60.000 mg/L) Fe = 5-50 ppm
7	Kalium total	mg/L	406	418	12 (+)	
8	Fe terlarut	mg/L	0,4951	2,2570	1,7619 (+)	

Hasil analisis limbah cair tahu sebelum dan sesudah fermentasi menjadi POC dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado, menunjukkan bahwa fermentasi pada limbah cair tahu memberikan perubahan kenaikan pada nilai BOD, COD, TDS, Kalium Total, dan Fe terlarut pada limbah. Ada juga hasil yang memberikan perubahan menurun pada nilai TSS, pH dan Fosfor.

Hasil uji ini membuktikan bahwa banyaknya EM4 dan larutan gula merah yang ditambahkan mempengaruhi karakteristik fisik produk. Warna coklat kemerahan pada produk POC disebabkan karena POC terbuat dari bahan limbah dan emulase. Dari segi bau, produk POC yang dihasilkan masih memiliki bau khas POC menyengat yang kurang sedap. Bau khas pupuk organik memang cukup menyengat, tetapi dapat dikurangi dengan cara menambahkan pewangi. Karena ingin dibuat produk POC yang organik, maka bahan pewangi yang dipakai harus organik. Misalnya menggunakan bahan pewangi alami seperti sereh, jeruk citrun, atau pandan.

**Tabel 2.** Tabel Hasil Analisa POC

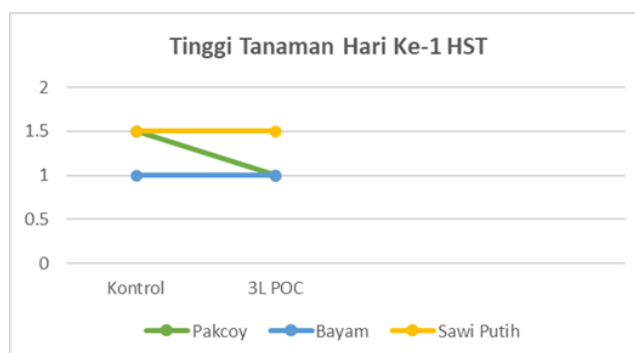
Perlakuan	Hasil Analisa POC	
	Warna	Bau
Kontrol 3 Liter Air Bersih (P0)	Jernih	Tidak Berbau
2 Liter POC + 1 Liter Air Bersih (P1)	Coklat kemerahan	Dominan limbah tahu dan emulase

### 3.1.3 Analisa Hasil Uji Ragam Pengaruh Pupuk Organik Limbah Cair Tahu Terhadap Tinggi Tanaman Hidroponik Yang Ditentukan

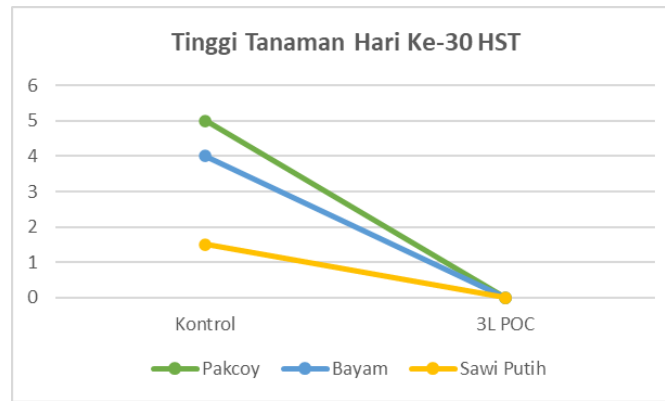
Hasil pemberian perlakuan pupuk organik cair dari limbah cair tahu murni belum efektif berpengaruh terhadap parameter tinggi tanaman pakcoy (*Brassica Rapa L*), bayam (*Amaranthus tricolor L*), dan sawi putih (*Brassica Juncea L*).

**Tabel 3.** Tinggi Tanaman

Tinggi Tanaman Waktu 1 Hari			
Perlakuan	Pakcoy	Bayam	Sawi Putih
Kontrol 3 Liter Air Bersih (P0)	1,5 cm	1 cm	1,5 cm
2 Liter POC + 1 Liter Air Bersih (P1)	1 cm	1 cm	1,5 cm
Tinggi Tanaman Waktu 30 Hari			
Perlakuan	Pakcoy	Bayam	Sawi Putih
Kontrol 3 Liter Air Bersih (P0)	5 cm	4 cm	1,5 cm
2 Liter POC + 1 Liter Air Bersih (P1)	0 cm	0 cm	0 cm



**Gambar 4.** Tinggi Tanaman hari ke-1 HST



**Gambar 5.** Tinggi Tanaman hari ke-30 HST

Pada perlakuan kontrol tinggi tanaman yang paling rendah yaitu tanaman sawi putih 1,5 cm dengan tidak ada pertumbuhan tinggi atau tetap dari waktu 1 hari HST, hanya saja tanaman tetap kokoh dan bertambahnya jumlah daun. Pada perlakuan kontrol tinggi tanaman tertinggi yaitu tanaman pakcoy 5 cm. Sedangkan pada perlakuan 2 liter fermentasi limbah cair tahu dilarutkan 1 liter air bersih menyatakan bahwa pengaruh pemberian nutrisi POC lebih banyak mengakibatkan tanaman mati seperti hangus. Kondisi ini disebabkan limbah cair tahu yang digunakan memiliki nilai kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi dan ph yang bersifat asam, kemudian tidak sesuai perbandingan perlakuan terhadap tanaman yang seharusnya pemberian air bersih lebih banyak dibanding pemberian fermentasi POC. Hasil ini melebihi standar baku mutu buangan limbah industri kedelai (tahu) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.5 tahun 2014.

### 3.2 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk Mengurangi peningkatan pembuangan limbah industri tahu ke sungai terdekat yang tidak diimbangi dengan pengelolaannya di Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan Malalayang. Limbah cair yang dihasilkan mengandung senyawa organik yang tinggi dan senyawa pathogen lainnya, sehingga dengan penelitian ini dengan harapan dapat mengurangi pencemaran pada lingkungan tersebut.



**Gambar 6.** Periode Pertumbuhan Tanaman Secara Umum

Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai bulan Juni 2024, kegiatan awal yang dilakukan yaitu menyiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan. Kemudian sebelum pengambilan sampel, pada tanggal 13 Mey 2024 benih rendamkan kedalam wadah berisi air benih, benih yang tepat digunakan yaitu benih yang tenggelam. Selanjutnya pada tanggal 14 Mey 2024 masuk proses semai yaitu mengambil 3 wadah transparan berbahan plastik kemudian masing-masing wadah diletakkan 2 helai tissue ke atas permukaan, semprotkan air ke tissue sampai terlihat lembab namun tidak sampai basah tissue tersebut, sebarkan benih dengan 3 jenis

tanaman di permukaan tissue dan dimasukkan kedalam plastik hitam kemudian didiamkan selama 1 malam di tempat gelap yang memiliki fentilasi udara.

Benih tanaman yang unggul ketika benih terkena air akan terpecah dan keluar tunas, pilihlah benih unggul tersebut dan pindahkan ke rockwool yang sudah dibagi 3x5 tanpa terpotong sepenuhnya dan sudah disemprotkan air sampai lembab permukaanya. Masuklah pada proses pembibitan di ruang terbuka yang terkena sinar matahari pagi selama 7-14 hari, selama proses ini diwajibkan pengecekan rutin saat pagi, siang dan sore hari dengan catatan jika terlihat rockwool mengering segera lakukan penyemprotan air bersih.

Secara bersamaan saat proses pembibitan, sampel pertama diambil pada tanggal 20 mei 2024 di salah satu industri tahu yang berada di Kelurahan Batu Kota Bawah Kec. Malalayang Kota Manado sebanyak 10.000 ml (10 Liter) sebagai kebutuhan pembuatan POC. Sampel limbah tahu yang diambil berasal dari sisa perasan pengolahan industri tahu yang kemudian didiamkan selama 1 hari.

Limbah cair tahu sebanyak 10.000 ml (10 Liter) diolah dengan penambahan emulase atau larutan gula merah perbandingan 1:1 dan EM-4 (Effective Microorganism 4) masing-masing sebanyak 1.500 ml (1,5 liter) di dalam ember berpenutup. Proses ini bertujuan untuk mengaktifkan serta mempercepat perkembangbiakan mikroorganisme yang ada pada EM-4 dari kondisi dorman sehingga mikroorganisme dapat bekerja dengan efisien dan optimal pada saat dicampurkan ke dalam limbah cair tahu. Selanjutnya dilakukan proses fermentasi selama 14 hari. Menurut Nur, EM-4 merupakan bahan yang membantu mempercepat proses pembuatan pupuk organik dan meningkatkan kualitasnya. Selain itu, EM-4 juga bermanfaat menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Dengan demikian penambahan EM-4 akan membuat tanaman menjadi lebih subur, sehat, dan relatif tahan terhadap serangan hama dan penyakit.

Setelah masa fermentasi berakhir, dilanjutkan proses tanam hidroponik (wick system) dengan cara memasukkan 3.000 ml (3 Liter) air bersih tanpa nutrisi POC perbandingan 1:1 sebagai kontrol dari 3 jenis tanaman, terdapat 6 netpot pada bak hidroponik maka setiap 2 netpot berisi 1 jenis tanaman semai yang sama. Berikutnya, pada bak hidroponik lain dimasukkan 2.000 ml (2 Liter) nutrisi POC dilarutkan dengan 1.000 ml (1 Liter) air bersih dengan perlakuan yang sama yaitu setiap 2 netpot berisi 1 jenis tanaman semai yang sama.

Di hari yang lain, diambil sampel limbah tahu murni sebanyak 4.500 ml (4,5 Liter) dan POC yang sudah selesai fermentasi sebanyak 9.000 ml (9 Liter) untuk diuji laboratorium kandungannya. Namun karena hasil fermentasi POC belum sepenuhnya dibilang POC maka hasil uji laboratorium menggunakan metode uji limbah cair tahu yaitu parameter BOD, COD, TDS, TSS, pH, dan unsur Fosfor, Kalium Total, serta Fe terlarut.

#### A. BOD (*Biological Oxygent Demand*)

Hasil pengujian BOD (*Biological Oxygent Demand*) pada limbah murni Industri Tahu Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan, nilai yang didapatkan yaitu 6.592 mg/L. Kemudian setelah fermentasi menjadi pupuk organik cair (POC) nilai limbah yang diuji meningkat menjadi 12.041 mg/L. Nilai tersebut melampaui baku mutu BOD yaitu 150 mg/L menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

Studi oleh Kusumawati dan Hidayat (2020) mengungkapkan bahwa suhu lingkungan yang tinggi dapat mempercepat kenaikan BOD limbah tahu. Mereka melaporkan bahwa pada suhu 30-35°C, laju kenaikan BOD meningkat 30% dibandingkan dengan suhu 20-25°C. Suhu yang lebih tinggi mempercepat aktivitas metabolisme mikroba, meningkatkan laju degradasi bahan organik dan konsumsi oksigen. Nuraini et al. (2021) meneliti pengaruh pH terhadap kenaikan BOD limbah tahu. Mereka menemukan bahwa pH yang terlalu asam (pH <4,5) atau terlalu basa (pH >9,0) dapat meningkatkan BOD hingga 40%. Kondisi pH ekstrem ini menyebabkan kematian sebagian mikroorganisme pengurai, memperlambat degradasi bahan organik dan mengakibatkan akumulasi yang meningkatkan BOD.

Penelitian dari Pradana dkk, metode yang digunakan untuk menurunkan kadar pencemar limbah cair tahu yaitu Aerasi dan filtrasi dengan menggunakan media rambut manusia dan arang tempurung kelapa. Hasil yang didapatkan yaitu rata-rata kadar BOD pada pengulangan 1,2,3,4,5, dan 6 sebelum perlakuan yaitu 180,21 mg/l. Setelah melalui proses aerasi menjadi 144,14 mg/l, media rambut menjadi 99,66mg/l, media arang tempurung kelapa 40,39 mg/l. Rata-rata presentase penurunan 77,59%. Dengan demikian aerasi dan filtrasi yang bermedia rambut



manusia dan arang tempurung kelapa bisa diaplikasikan di industri rumah tangga tahu. Arang tempurung kelapa memiliki kemampuan untuk mereduksi air limbah dengan kapasitas dan daya serap yang besar. Kemampuan mengadsorb bahan organik tergantung pada rantai polar dan polutan. Semakin organik suatu zat, maka rantai polutannya akan semakin mudah untuk dipecah. (Alimsyah,2013).

## **B. COD (Chemical Oxygen Demand)**

Hasil pengujian COD (Chemical Oxygen Demand) pada limbah murni Industri Tahu Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan, nilai yang didapatkan yaitu 8.900 mg/L. Kemudian setelah fermentasi menjadi pupuk organik cair (POC) nilai meningkat menjadi 28.000 mg/L. Nilai tersebut melampaui baku mutu COD yaitu 300 mg/L menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

Penelitian oleh Rahmawati et al. (2020) menunjukkan bahwa kenaikan COD sering terjadi pada tahap awal fermentasi limbah tahu. Mereka menemukan peningkatan COD sebesar 30-40% dalam 3-5 hari pertama proses fermentasi. Ini disebabkan oleh pemecahan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh mikroorganisme, yang sementara meningkatkan jumlah bahan organik terlarut dan mudah teroksidasi. Studi oleh Kusumawati dan Suhartini (2021) mengungkapkan bahwa penambahan bahan organik untuk memperkaya nutrisi POC dapat meningkatkan COD. Mereka melaporkan bahwa penambahan 10% molase ke dalam limbah tahu selama proses fermentasi meningkatkan COD hingga 50%. Meskipun penambahan ini bertujuan meningkatkan nilai nutrisi POC, ia juga menambah beban organik yang berkontribusi pada COD.

Kusumawati et al. (2019) meneliti efek penambahan bahan organik lain dalam fermentasi limbah tahu. Mereka menemukan bahwa penambahan 10% molase dan 5% dedak padi ke dalam limbah tahu sebelum fermentasi dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD hingga 92%. Bahan tambahan ini menyediakan sumber karbon tambahan bagi mikroorganisme, mempercepat proses degradasi dan menghasilkan POC dengan rasio C/N yang lebih seimbang.

## **C. TDS (Total Suspended Solid)**

Hasil pengujian TDS (Total Suspended Solid) pada limbah murni Industri Tahu Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan, nilai yang didapatkan yaitu 7.270 mg/L. Kemudian setelah fermentasi menjadi pupuk organik cair (POC) nilai limbah meningkat yaitu 9.300 mg/L. Nilai tersebut melampaui baku mutu TDS yaitu 7.000 – 20.000. Peningkatan nilai TDS (Total Dissolved Solids) dalam POC dari limbah tahu dapat memiliki pengaruh signifikan pada kualitas pupuk dan pertumbuhan tanaman. Meskipun peningkatan TDS dalam POC limbah tahu dapat mengindikasikan konsentrasi nutrisi yang lebih tinggi, nilai TDS yang terlalu tinggi dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman. Pengenceran yang tepat dan pemantauan rutin TDS sangat penting untuk memastikan aplikasi POC yang optimal dalam sistem hidroponik. Rentang TDS yang umumnya dianggap aman dan efektif untuk sebagian besar tanaman hidroponik adalah antara 800-1500 ppm, tergantung pada jenis tanaman dan tahap pertumbuhannya.

Penelitian oleh Suhartini et al. (2018) menunjukkan bahwa peningkatan TDS dalam POC limbah tahu berkorelasi dengan peningkatan konsentrasi nutrisi. Mereka menemukan bahwa POC dengan TDS 1000-1500 ppm menghasilkan pertumbuhan optimal pada tanaman sawi hidroponik, dengan peningkatan biomassa hingga 40% dibandingkan kontrol. Namun, ketika TDS melebihi 2000 ppm, terjadi penurunan pertumbuhan dan gejala toksisitas pada tanaman. Penelitian oleh Rahmawati et al. (2021) menunjukkan bahwa pengenceran merupakan metode paling sederhana dan efektif untuk menurunkan TDS. Mereka menemukan bahwa pengenceran POC limbah tahu dengan air bersih dalam rasio 1:2 dapat menurunkan TDS hingga 50%. Namun, mereka menekankan pentingnya menyeimbangkan pengenceran agar tidak terlalu mengurangi kandungan nutrisi yang bermanfaat bagi tanaman hidroponik.

## **D. TSS (Total Suspended Solid)**

Hasil pengujian TSS (Total Suspended Solid) pada limbah murni Industri Tahu Kelurahan

Batukota Bawah Kecamatan, nilai yang didapatkan yaitu 1.160 mg/L. Kemudian setelah fermentasi menjadi pupuk organik cair (POC) nilai menurun menjadi 240 mg/L. Nilai tersebut melampaui baku mutu TSS yaitu 200 mg/L menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014. Penurunan nilai TSS (Total Suspended Solids) dalam POC dari limbah tahu masih melebihi dari nilai baku mutu TSS sebanyak 40 mg/L, dapat memiliki beberapa pengaruh penting.

Penelitian oleh Suhartini et al. (2019) menunjukkan bahwa penurunan TSS dalam POC limbah tahu, meskipun masih di atas 40 mg/L, dapat meningkatkan kejernihan larutan. Mereka menemukan bahwa POC dengan TSS 60-80 mg/L menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman sawi hidroponik dibandingkan dengan TSS di atas 100 mg/L, dengan peningkatan biomassa hingga 20%. Namun, dibandingkan dengan larutan nutrisi standar (TSS <40 mg/L), masih ada sedikit hambatan pada penyerapan nutrisi oleh akar. Studi oleh Kusumawati dan Hidayat (2021) mengungkapkan keefektifan koagulasi-flokulasi. Mereka melaporkan bahwa penambahan 0,5-1% tawas (aluminium sulfat) ke dalam POC limbah tahu, diikuti dengan pengadukan lambat selama 30 menit, dapat menurunkan TSS hingga 80-85%. Metode ini cepat dan efisien, tetapi perlu memperhatikan dosis koagulan untuk menghindari perubahan pH yang signifikan.

## E. pH

Perubahan pada kandungan pH pupuk organik cair sebelum difermentasi dan pH setelah difermentasi. Penurunan terjadi dari pH 3,11 menjadi pH 2,62. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan pH tersebut menjadikan pH tidak sesuai karena termasuk kriteria masam dan tidak memenuhi baku mutu yang seharusnya pH 4-9.

Penelitian Hidayat et al. (2020) mengungkapkan bahwa limbah tahu dengan pH di atas 9,0 (tidak sesuai baku mutu) dapat menyebabkan pengendapan mineral penting seperti kalsium dan magnesium. Mereka menemukan bahwa limbah dengan pH 9,5-10,0 mengurangi ketersediaan fosfor dalam POC yang dihasilkan sebesar 30%, yang berdampak negatif pada pembentukan bunga dan buah tanaman tomat hidroponik. Nuraini dan Putri (2021) melakukan studi tentang pengaruh pH limbah tahu terhadap efisiensi pengolahan. Mereka melaporkan bahwa limbah dengan pH sesuai baku mutu (6,0-9,0) dapat diolah menjadi POC dengan efisiensi 95% menggunakan metode fermentasi anaerobik. Sebaliknya, limbah dengan pH <5,0 atau >9,5 memerlukan tahap pra-treatment tambahan, meningkatkan biaya pengolahan hingga 40% dan mengurangi kualitas nutrisi POC yang dihasilkan. Sutrisno et al. (2022) mengkaji efek jangka panjang penggunaan POC dari limbah tahu dengan berbagai pH awal. Mereka menemukan bahwa POC yang dibuat dari limbah dengan pH sesuai baku mutu (6,0-9,0) menghasilkan pertumbuhan tanaman kangkung hidroponik yang konsisten selama 5 siklus tanam berturut-turut. Sebaliknya, POC dari limbah dengan pH awal 3,5-4,5 menyebabkan akumulasi logam berat dalam media tanam setelah 3 siklus, mengurangi kualitas dan keamanan hasil panen.

## F. Fosfor

Fosfor merupakan bahan dasar protein, mempercepat penuaan buah, memperkuat batang tanaman, dan meningkatkan hasil biji-bijian dan umbi umbian, selain itu fosfor juga berfungsi untuk membantu proses asimilasi dan respirasi. Hasil uji kandungan fosfor pada limbah cair tahu sebelum difermentasikan yaitu 0,36 mg/L, setelah difermentasikan turun menjadi 0,32 mg/L, kadar fosfor merupakan unsur yang tidak mudah bergerak karena mempunyai sifat yang dinamis. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Liandari yaitu pengolahan pupuk organik dari limbah cair tahu mengalami penurunan kadar fosfor dari 0,722 menjadi 0,055. Kandungan fosfor yang diperoleh masih terbilang rendah, untuk meningkatkan kadar fosfor dari limbah cair tahu sebaiknya ditambahkan bahan organik lainnya yaitu sabut kelapa, hasil penelitian yang dilakukan oleh Waryanti et.al, bahwa pembuatan pupuk cair dari air beras dengan penambahan 100 ml sabut kelapa memperoleh kenaikan kadar fosfor dari 0,71 menjadi 0,74. Solusi untuk meningkatkan kandungan fosfor, sebagai berikut :

1. Pengayaan dengan batuan fosfat: Ratnani (2012) menunjukkan bahwa penambahan batuan fosfat selama proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan fosfor POC limbah tahu hingga 200%.

2. Optimasi proses fermentasi: Faisal et al. (2016) menemukan bahwa memperpanjang waktu fermentasi dan menambahkan inokulan mikroba dapat meningkatkan pelepasan fosfor dari bahan organik.
3. Penambahan bahan kaya fosfor: Widyasari et al. (2018) menyarankan mencampurkan POC dengan bahan organik kaya fosfor seperti tulang ikan atau abu sekam padi untuk meningkatkan kandungan fosfor.
4. Bioaugmentasi: Penambahan mikroorganisme pelarut fosfat seperti *Bacillus* sp. atau *Pseudomonas* sp. dapat meningkatkan ketersediaan fosfor, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Hidayat et al. (2016).
5. Pengaturan pH: Kaswinarni (2007) menyarankan menjaga pH POC antara 6,5-7,5 untuk mengoptimalkan kelarutan dan ketersediaan fosfor.
6. Kombinasi dengan pupuk anorganik: Sutanto (2013) menunjukkan bahwa pencampuran POC dengan dosis kecil pupuk fosfat anorganik dapat meningkatkan efektivitas keseluruhan.
7. Penggunaan kotoran hewan: Penambahan kotoran ayam atau sapi yang kaya fosfor selama proses pembuatan POC dapat meningkatkan kandungan fosfor akhir (Makiyah, 2013).
8. Teknik ekstraksi fosfor: Faisal et al. (2016) menjelaskan teknik pre-treatment bahan baku menggunakan asam atau basa lemah untuk meningkatkan ekstraksi fosfor sebelum fermentasi

## G. Kalium

Kalium berfungsi untuk membantu pembentukan protein dan karbohidrat selain itu, memperkuat kalium berfungsi untuk jaringan tanaman dan berperan dalam pembentukan anti bodi tanaman yang bisa melawan penyakit dan kekeringan. Jika kekurangan kalium, tanaman tidak tahan terhadap penyakit, kekeringan dan udara dingin. Kekurangan kalium dapat menghambat pertumbuhan tanaman serta daun tampak agak kriting dan mengilap. Lama kelamaan daun akan menguning dibagian pinggirnya. Kadar kalium setelah fermentasi terjadi kenaikan dari sebelumnya sebagai limbah tahu murni yaitu dari 406 mg/L menjadi 418 mg/L. Hal ini jelas terlihat bahwa mikroorganisme yang hidup di dalamnya dapat bekerja secara optimal, seperti penelitian Gracia Simanjuntak yang mengatakan bahwa kadar K pada limbah cair, nilainya akan meningkat apabila fermentasi dilakukan pada kondisi anaerob (kedap udara).

Menurut penelitian Rahmawati et al. (2020), kenaikan kandungan kalium dalam POC limbah tahu dapat disebabkan oleh proses fermentasi yang optimal. Mereka menemukan bahwa fermentasi anaerob selama 14 hari dengan penambahan bakteri *Lactobacillus plantarum* meningkatkan kandungan kalium hingga 40% dibandingkan dengan limbah tahu segar. Ini disebabkan oleh aktivitas enzim bakteri yang memecah senyawa organik kompleks menjadi kalium yang lebih tersedia. Penelitian Sutrisno dan Putri (2023) menunjukkan dampak positif dari kenaikan kalium dalam POC limbah tahu pada kualitas hasil panen. Mereka menemukan bahwa tanaman tomat hidroponik yang diberi POC dengan kandungan kalium 35% lebih tinggi dari standar menghasilkan buah dengan peningkatan kandungan gula (15% lebih tinggi) dan peningkatan ketebalan kulit buah (20% lebih tebal), meningkatkan kualitas dan daya simpan produk. Namun, studi oleh Hidayat et al. (2024) mengungkapkan bahwa kelebihan kalium dapat mengganggu penyerapan kalsium dan magnesium. Mereka melaporkan bahwa tanaman selada hidroponik yang diberi POC dengan kandungan kalium 50% di atas optimal menunjukkan gejala defisiensi kalsium pada ujung daun dan penurunan kandungan magnesium sebesar 25% dalam jaringan tanaman. Ini menekankan pentingnya menjaga keseimbangan nutrisi dalam POC.

## H. Zat Besi (Fe)

Zat besi berperan dalam proses fisiologi tanaman seperti proses pernapasan dan pembentukan zat hijau daun (klorofil). Kekurangan zat besi akan menyebabkan daun berwarna kuning, kemudian berguguran selain itu, tanaman akan mati mulai dari pucuk. Hasil pemeriksaan nilai Fe terlarut sebelum dan setelah fermentasi yaitu terjadi kenaikan kadar Fe setelah mengalami fermentasi limbah cair tahu yaitu dari 0,4951 mg/L menjadi 2,2570 mg/L, hal ini artinya kandungan didalamnya bekerja secara baik mikroorganisme pada proses fermentasi. Menurut Widayat et.al bahwa mikroorganisme membutuhkan nutrient sebagai bahan makanan untuk bertahan hidup.

Nuraini dan Putri (2022) melaporkan bahwa kenaikan zat besi yang berlebihan dalam POC

limbah tahu dapat mengganggu penyerapan nutrisi lain. Mereka menemukan bahwa tingginya konsentrasi zat besi (60% di atas standar) menghambat penyerapan mangan dan seng pada tanaman cabai hidroponik, menyebabkan defisiensi mikronutrien dan penurunan hasil panen hingga 25%. Studi oleh Sutrisno et al. (2024) mengkaji dampak jangka panjang penggunaan POC limbah tahu dengan kandungan zat besi tinggi pada sistem hidroponik. Mereka menemukan bahwa penggunaan berkelanjutan POC dengan zat besi 40% di atas standar selama 3 siklus tanam menyebabkan akumulasi besi dalam media tanam, mengubah pH media dan mengganggu keseimbangan nutrisi tanaman pada siklus berikutnya. Kombinasi metode biologi dan kimia, seperti yang diusulkan oleh Sutanto et al. (2022), yaitu fermentasi dengan penambahan serbuk besi dan inokulasi mikroorganisme pelarut besi, menunjukkan hasil yang paling menjanjikan dengan peningkatan Fe terlarut hingga 250% dalam waktu 21 hari. Pemilihan metode harus mempertimbangkan faktor seperti skala produksi, biaya, dan ketersediaan bahan baku, serta memastikan bahwa peningkatan Fe tidak mengganggu keseimbangan nutrisi lainnya dalam POC limbah tahu. Beberapa faktor kemungkinan sehingga tanaman dapat mati terhangus, sebagai berikut :

1. Konsentrasi nutrisi terlalu tinggi

POC limbah tahu yang terlalu pekat dapat menyebabkan plasmolisis pada sel tanaman, mengakibatkan kematian jaringan. Penelitian oleh Sutrisno dan Priyambada (2019) menunjukkan bahwa penggunaan POC limbah tahu yang terlalu pekat dapat menyebabkan plasmolisis pada sel tanaman. Mereka menemukan bahwa pengenceran optimal untuk aplikasi hidroponik adalah 1:20 (POC:air). Pada konsentrasi ini, pertumbuhan tanaman sawi hidroponik meningkat 30% dibandingkan kontrol, namun konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan pencoklatan daun dan kematian tanaman.

2. pH tidak seimbang

Limbah tahu cenderung asam. Jika pH POC terlalu rendah, dapat merusak akar dan mengganggu penyerapan nutrisi. Nuraini dan Asgianingrum (2017) mempelajari efek pH POC limbah tahu terhadap tanaman hidroponik. Mereka menemukan bahwa pH optimal untuk aplikasi POC limbah tahu adalah 6,0-6,5. pH di bawah 5,5 menyebabkan kerusakan akar dan menghambat penyerapan nutrisi, terutama kalsium dan magnesium, yang mengakibatkan nekrosis pada ujung dan tepi daun tanaman selada hidroponik.

3. Kandungan amoniak berlebih

Limbah tahu kaya akan nitrogen yang dapat terurai menjadi amoniak. Kadar amoniak tinggi bersifat toksik bagi tanaman. Studi oleh Hidayat dan Shovitri (2020) mengungkapkan bahwa kandungan amoniak yang tinggi dalam POC limbah tahu dapat bersifat toksik bagi tanaman. Mereka menemukan bahwa proses aerasi selama 7 hari dapat menurunkan kadar amoniak sebesar 70%, menjadikan POC lebih aman untuk aplikasi hidroponik. Tanaman tomat hidroponik yang diberi POC teraerasi menunjukkan peningkatan hasil 25% dibandingkan dengan yang menggunakan POC tanpa aerasi.

4. Ketidakseimbangan nutrisi

POC limbah tahu mungkin kekurangan unsur mikro penting, menyebabkan defisiensi nutrisi pada tanaman. Kusumawati et al. (2015) meneliti keseimbangan nutrisi dalam POC limbah tahu. Mereka menemukan bahwa POC ini kaya akan nitrogen dan kalium, namun rendah fosfor dan beberapa mikronutrien. Penambahan 0,5% tepung tulang ikan ke dalam POC meningkatkan kandungan fosfor dan kalsium, menghasilkan pertumbuhan yang lebih seimbang pada tanaman bayam hidroponik, dengan peningkatan biomassa 40% dibandingkan penggunaan POC tanpa fortifikasi.

5. Kontaminasi patogen

Jika POC tidak diolah dengan benar, dapat mengandung patogen yang merusak tanaman. Rahmawati (2013) mengkaji efektivitas berbagai metode pengolahan limbah tahu untuk menghasilkan POC yang aman. Fermentasi anaerobik selama 14 hari dengan penambahan EM4 terbukti paling efektif dalam mengurangi patogen, dengan penurunan total coliform sebesar 99,9%. Tanaman kangkung hidroponik yang diberi POC hasil fermentasi ini menunjukkan tingkat pertumbuhan yang sama dengan yang menggunakan nutrisi hidroponik komersial, tanpa adanya tanda-tanda penyakit.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Cara mengurangi jumlah pembuangan limbah industri tahu di Kelurahan Batukota Bawah Kecamatan Malalayang yaitu dengan menggunakan bahan utama limbah tahu ditambahkan dengan emulase dan EM4 menjadi pupuk organik cair (POC). Cara ini dapat mengurangi dampak dari pembuangan secara langsung yang terlihat pada beberapa titik genangan sungai sebagian besar berwarna hijau putih yang disebabkan air sungai tercampur limbah industri tahu, kemudian kurangnya estetika lingkungan yang sangat dekat pemukiman sehingga kurang layak dipandang maupun digunakan sebagai sumber air bagi masyarakat.
2. Hasil analisis limbah cair tahu sebelum dan sesudah fermentasi menjadi POC dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado, menunjukkan bahwa fermentasi pada limbah cair tahu memberikan perubahan kenaikan pada nilai BOD, COD, TDS, Kalium Total, dan Fe terlarut pada limbah. Ada juga hasil yang memberikan perubahan menurun pada nilai TSS, pH dan Fosfor. Hasil ini melebihi standar baku mutu buangan limbah industri kedelai (tahu) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.5 tahun 2014.
3. Kemampuan pemanfaatan limbah industri tahu menjadi pupuk organik cair (POC) yang diaplikasikan ke tanaman sayuran menggunakan teknik hidroponik (Wick System) memberikan hasil yang kurang berpengaruh terhadap perubahan tinggi tanaman dikarenakan pemberian POC yang tidak tepat

#### Ucapan Terima Kasih

*Ucapan terima kasih kepada seluruh pihak terkait dalam proses penelitian yang telah mengizinkan peneliti untuk melakukan penelitian di Kelurahan Batu Kota Bawah Kecamatan Malalayang. Manado*

#### Referensi

- Aji Putra, Christya, Dicky Rachmadi, Rizki Anggoro Restio Widodo, and Shevina Alana Devanty. 2022. "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Di Kelurahan Pakunden Kota Blitar." *I-Com: Indonesian Community Journal* 2(2):195–202. doi: 10.33379/icom.v2i2.1438.
- Anon. n.d. "ELWINDA PURNAMA SARI."
- Mahadi, Imam, Desta Manulang, Bakhendri Solfan, Syarif Kasim Riau, and Jalan HR Soebrantas KM. n.d. PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH CAIR TAHU TERHADAP PERTUMBUHAN SELADA MERAH (*Lactuca Sativa* L Var. Red) DENGAN TEKNIK HIDROPONIK SISTEM RAKIT APUNG. Vol. 13.
- Marian, Elisabet, Sumiyati Tuhuteru, Studi Program, Sekolah Agroteknologi, Ilmu Tinggi, Petra Baliem Pertanian, and Jl Wamena. n.d. PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI PUPUK ORGANIK CAIR Utilization of Tofu Liquid Waste to Growth and Yield of Chicory (*Brasica Pekinensi*). Vol. 17.
- Nolia, Helfi, Jernita Sinaga, Kristina Tarigan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Kemenkes Medan, and Penulis Korespondensi. 2022. "PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DI INDUSTRI TAHU GUNUNG USAHA GIAT KABUPATEN KARO 2021." *JIMKesmas Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat* 7(1):2502–2731. doi: 10.37887/jimkesmas.v7i1.
- Rosmiah, Rosmiah, Neni Marlina, Iin Siti Aminah, Heru Agung Sandika, Fitri Yetty Zairani, Burlian Hasani, and Laili Nisfuriyah. 2022. "EFEKTIVITAS PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH TAHU DALAM MENGURANGI PUPUK NPK PADA TANAMAN MENTIMUN." *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 22(3):300–306. doi: 10.25181/jppt.v22i3.2187.
- Samsudin, Winda, Makmur Selomo, Muh Fajaruddin Natsir, Dinas Kesehatan, Kab Seram, Bagian Timur, Provinsi Maluku, Departemen Kesehatan Lingkungan, and Fakultas Kesehatan. 2018. *Processing of Industrial Liquid Waste to Be Liquid Organic Fertilizer with Addition of Effective Microorganism-4 (Em-4)*. Vol. 1.
- Jatsiyah, Venti, Rosmalinda, Rosmalinda, Sopian, Sopian, Nurhayati, Nurhayati, Program Studi Budidaya Perkebunan, Politeknik Negeri Ketapang. 2020. "Respon Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Industri Tahu." *AGROVITAL : Jurnal Ilmu Pertanian* Volume 5
- Anggraini, Lusi, Kuswoyo, Vicky Anderesta, Marsya, Mutia Anissa, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UBJ, Jakarta, Indonesia. 2019. "Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Pasar dengan Perbandingan Hasil Menggunakan Bioaktifator Air tahu dan EM4." *Jurnal Jaring SainTek* Vol.1, No.1

- Nurman, N, Zuhry, E, Dini, I R, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Riau. 2017. "Pemanfaatan zpt Air Kelapa dan Poc Limbah Cair Tahu untuk Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium Ascalonicum L.*)" JOM FAPERTA UR VOL 4 NO. 2
- Susilawati, Desi, Diwanti, Dyah Pikanthi, Ningsih, Ervina Ratna, Akuntansi Lembaga Keuangan Syariah, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia Ekonomi Syariah, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Indonesia. 2023. "Pengolahan Limbah Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Untuk Ecogreen Dan Optimalisasi Pemasaran Melalui Rebranding Umkm Tahu" JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri) Vol. 7, No. 5
- Arifan, Fahmi, Broto, Wisnu, Fatimah, Siti, Salsabila, Ektanisa, Prodi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Prodi S-1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro. 2022. "Pengaruh Komposisi dan Waktu Fermentasi Terhadap Karakteristik Pupuk Organik Limbah Cair Tahu." Jurnal Penelitian Terapan Kimia Vol. 03(1): 01-09
- Kusumawati, Kartika, Muhartini, Sri, Rogomulyo, Rohlan. "Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam (*Amaranthus tricolor L.*) pada Media Pasir Pantai" Vegetalika Vol. 4 No. 2, 2015: 48-62
- Maretik, Mursida, Yanti, Handayani, Fitrianti, Mehora, Sutrisnawati. Program Studi Pendidikan Biologi, Program Studi Agroteknologi, Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka. 2023. "The Effect of Applying Liquid Organic Fertilizer ( POC ) from Tofu Liquid Waste on the Growth and Yield of Green Mustard Plants ( *Brassica juncea L.* ) Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair ( POC ) Dari Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanam" BIOPEDAGOGIA Vol. 5 No. 1, 2023; pp. 67-78.
- Pratiwi, Hesty, Darmawati, Adriani, Budiyanto, Susilo, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. 2021. "Pengaruh Konsentrasi Dan Frekuensi Pemberian Poc Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*)" Jurnal Buana Sains Volume 21, Number 1 (Juni 2021) : Hal.87-98.
- Sukmawati, Sukmawati, Nisa, Sufi Ainun, Pratama, Ardian Desta, Fauzi, Fadli Nur, Program Studi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. 2022. "Analisis Pupuk Organik Cair Limbah Industri Tahu Dan Air Cucian Beras" Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL) Vol.4 No.1.
- Simanjuntak, Gracia R M. Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. 2021. "Skripsi Pemanfaatan Pupuk Organik Cair ( POC ) Limbah Industri Tahu Pada Tanaman Mentimun ( *Cucumis sativus L.* ) Di Tanah Rawa Lebak"
- Prakoso, A. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area Medan. 2016. "Skripsi Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Petsai (*Brassica chinensis L.*)"
- Ayu Oksari, Ade, Karmanah, Eha Hasni Wahidani, Linar Humaira, Arifah Qurrotu Aina, Rezky Kevin Adha, Harisma Triana Prandika, Yunus Arifien. 2023. "Pendampingan Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair (Poc) Bagi Masyarakat Kelurahan Kayu Manis" Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Vol. 7, No. 2