



Sintesis dan Karakterisasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Produksi Tahu di Kota Cilegon dengan Penambahan Abu Sabut Kelapa, serta Aplikasinya pada Tanaman

(Synthesis and Characterization of Liquid Organic Fertilizer from Liquid Waste of Tofu Production in Cilegon City with the Addition of Coconut Fiber Ash, and Its Application to the Plants)

Siti Nur Choliso¹, Agus Malik Ibrahim^{1*}, Puspita Sari², Nani Yulianti²

¹Program Studi Kimia, Sekolah Tinggi Analisis Kimia Cilegon

²Program Studi Analisis Kimia, Sekolah Tinggi Analisis Kimia Cilegon

Jl. Lingkar Selatan Cilegon, KM 1,7 Cilegon, Banten, Indonesia

*e-mail korespondensi: sezhomalik@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:

18 November 2023

Revisi:

25 November 2023

Diterima:

30 November 2023

Kata Kunci:

Abu sabut kelapa, limbah cair tahu, pupuk organik cair

Keywords

Coconut fiber ash, tofu liquid waste, liquid organic fertilizer

Abstrak- Limbah cair tahu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan berupa bau dan meningkatkan keasaman tanah. Pemanfaatannya bisa dijadikan sebagai pupuk organik cair dengan menambahkan abu sabut kelapa untuk menambah unsur hara yang dikandungnya. Penelitian ini bertujuan mendapatkan formula terbaik pupuk organik cair dengan tahapan mensintesis dan mengkarakterisasi pupuk organik cair dari limbah cair tahu dan abu sabut kelapa, serta melakukan pengamatan dari percobaan pemupukan pada tanaman. Variabel bebas yang dipilih adalah berat abu sabut kelapa sebanyak 2 variasi (formula X dan formula Y). Formula X adalah 500 mL limbah cair tahu + 25 mL *effective microorganisms-4* (EM-4) + 40 g abu sabut kelapa. Formula Y adalah 500 mL limbah cair tahu + 25 mL *effective microorganisms-4* (EM-4) + 60 g abu sabut kelapa. Parameter yang diamati adalah kandungan nitrogen, fosfor, kalium, karbon organik, pH, tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun. Hasil penelitian menunjukkan pupuk organik cair limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa sebesar 60 g dalam formula memiliki kandungan hara dengan kadar nitrogen sebesar 1,78%, fosfor sebesar 2,22%, kalium sebesar 3,85%, karbon organik sebesar 5,39%, dan pH sebesar 7,12. Semakin banyak abu sabut kelapa yang ditambahkan pada formula pupuk organik cair, dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun sawi (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

Abstract- Tofu liquid waste can cause environmental pollution in the form of odors and increase soil acidity. It can be used as a liquid organic fertilizer by adding coconut fiber ash to increase the nutrients it contains. This research aims to obtain the best formula for liquid organic fertilizer by synthesizing and characterizing liquid organic fertilizer from liquid tofu waste and coconut fiber ash, as well as making observations from fertilization experiments on plants. The independent variable chosen was the weight of coconut fiber ash in 2 variations (formula X and formula Y). Formula X is 500 mL of tofu liquid waste + 25 mL of *effective microorganisms-4* (EM-4) + 40 g of coconut fiber ash. Formula Y is 500 mL of tofu liquid waste + 25 mL of *effective microorganisms-4* (EM-4) + 60 g of coconut fiber ash. The parameters observed were nitrogen content, phosphorus content, potassium content, organic carbon content, pH, plant height, number of leaves and leaf width. The results of the research show that liquid organic fertilizer from tofu waste with the addition of 60 g of coconut fiber ash in the formula has a nutrient content with a nitrogen content is 1.78%, phosphorus content is 2.22%, potassium content is 3.85%, organic carbon content is 5.39%, and the pH is 7.12. The more coconut fiber ash added to the liquid organic fertilizer formula, it can be increase the plant height, number of leaves and width of leaves of green mustard (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

PENDAHULUAN

Kota Cilegon memiliki sentra usaha produksi pembuatan tahu baik skala kecil maupun menengah. Kegiatan produksi tahu menghasilkan limbah cair serta limbah padat. Jika

dibandingkan dengan limbah padat, tingkat pencemaran yang dimiliki limbah cair lebih tinggi. Hal ini dikarenakan limbah padat produksi tahu dapat diolah dan dijadikan sebagai bahan dasar untuk tempe menjes dan bahkan bahan makanan ternak. Proses pencucian kedelai, perebusan, penyaringan, dan pembentukan pada produksi tahu menghasilkan limbah cair tahu yang memiliki potensi mencemarkan air dan lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu.

Pupuk organik cair merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian organik. Pupuk organik cair mengandung banyak unsur hara makro, mikro dan asam amino yang dibutuhkan tanaman serta terdapat mikroorganisme yang mampu memperbaiki kesuburan tanah sehingga dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan baik [1]. Limbah cair tahu memiliki kandungan unsur hara sehingga memiliki potensi untuk dapat dikembangkan sebagai pupuk cair. Limbah tahu mengandung unsur hara nitrogen sebesar 1,24%, fosfor sebesar 5,54%, kalium sebesar 1,34%, dan karbon organik sebesar 5,8% yang merupakan unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan oleh tanaman [2]. Berdasarkan data tersebut, limbah cair tahu memiliki nilai kalium (K) yang rendah, sehingga diperlukan penambahan bahan lain agar komposisi pupuk organik cair menjadi lengkap seperti penambahan abu sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan hasil sampingan dari pengolahan buah kelapa. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemberian abu sabut kelapa mampu meningkatkan ketersediaan kalium dalam tanah dan memperbaiki pH tanah. Perlakuan 40 g abu sabut kelapa memperlihatkan konsentrasi K tertinggi yaitu 2,16 me/100 g [3]. Formula pupuk organik cair yang mengkombinasikan pemanfaatan limbah cair tahu dan abu sabut kelapa diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengelolaan limbah industri pembuatan tahu dan pertanian.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah botol ukuran 600 mL, selang akuarium, gelas ukur, timbangan analitik, erlenmeyer, seperangkat alat titrasi, labu Kjeldhal, seperangkat alat destruksi, gelas ukur, seperangkat alat destilasi, labu ukur, labu didih, pH meter, kertas saring. Alat untuk analisis kuantitatif digunakan spektrofotometer UV-Vis dan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

Sampel yang digunakan dalam penelitian yaitu limbah cair tahu yang diambil dari pabrik tahu Desa Sambirata, Kecamatan Cibeber, Kota Cilegon. Bahan yang digunakan yaitu abu sabut kelapa, *effective microorganisms-4* (EM-4), $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 pekat, H_3PO_4 pekat, akuades, indikator difenilamin, indikator Conway, H_2SO_4 0,05 N, ammonium molibdat, asam askorbat, $HClO_4$ pekat, HNO_3 pekat, NaOH 40%, $FeSO_4$ 1 N, indikator difenilamin, selenium *mixture*, asam borat 1%, dan kalium antimonitrat.

Pembuatan pupuk organik cair

Limbah cair tahu yang sudah disaring sebanyak 5 Liter dimasukkan ke dalam botol plastik ukuran 600 mL sebanyak 500 mL/botol, kemudian ditambahkan EM-4 sebanyak 25 mL/botol, dan ditambahkan abu sabut kelapa dengan dosis perlakuan sebanyak 40 g dan 60 g/botol untuk uji sampel. Masing-masing botol mineral diaduk hingga tercampur rata, kemudian wadah ditutup rapat dan bagian tengah tutup botol dibuat lubang berukuran 0,5 cm untuk menghubungkan selang ke botol mineral yang berisi 500 mL akuades. Proses fermentasi dilakukan selama 14 hari dalam kondisi anaerob. Setelah 14 hari sampel pupuk organik cair diaduk agar homogen, kemudian dikeluarkan dan disaring. Setelah itu sampel pupuk organik cair dapat diuji kandungan haranya.

Pengujian kadar nitrogen metode Kjeldahl

Sampel sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam labu Kjeldhal, kemudian ditambahkan 2 g selenium *mixture* dan 3 mL H_2SO_4 pekat, dikocok sampai homogen. Campuran kemudian didestruksi dalam lemari asam sampai diperoleh cairan yang jernih, kemudian didiamkan sampai dingin. Setelah dingin larutan diencerkan dengan akuades sebanyak 50 mL.

Larutan dalam labu Kjeldhal dipindahkan kedalam alat destilasi. Kemudian ditambahkan batu didih dan 10 mL NaOH 40%. Destilat ditampung dalam erlenmeyer 100 mL yang telah diisi dengan larutan asam borat 1% sebanyak 10 mL dan indikator Conway sebanyak 3 tetes. Proses destilasi dihentikan ketika destilat yang ditampung dalam erlenmeyer sudah mencapai sekitar 75 mL (warna larutan berubah menjadi hijau). Destilat dititrasi dengan H₂SO₄ 0,05 N hingga titik akhir (warna larutan berubah dari warna hijau menjadi merah).

Pengujian kadar fosfor metode spektrofotometri UV-Vis

Pereaksi pembangkit warna (pekat) dibuat dengan menimbang sebanyak 1,2 g ammonium molibdat, ditambahkan dengan 0,03 g kalium antimonitrat, ditambahkan dengan 14 mL H₂SO₄ pekat, kemudian diencerkan dengan akuades hingga 100 mL. Pereaksi pembangkit warna (encer) dibuat dengan 0,11 g asam askorbat, ditambahkan 10 mL pereaksi pekat, kemudian diencerkan dengan akuades hingga 100 mL.

Sampel dimasukkan sebanyak 1 mL ke dalam labu Kjeldhal, kemudian ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 mL dan HClO₄ pekat sebanyak 0,5 mL, dihomogenkan dan didiamkan selama 12 jam. Campuran kemudian dipanaskan dengan suhu 100 °C. Destruksi (diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL), kemudian didinginkan dan ditambahkan akuades dalam labu takar 50 mL sampai tanda batas, dan dikocok sampai homogen. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring agar diperoleh ekstrak jernih (ekstrak A).

Ekstrak A diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dikocok sampai homogen. Ekstrak ini adalah hasil pengenceran (ekstrak B). Ekstrak B diambil sebanyak 1 mL dan ditempatkan ke dalam labu ukur 25 mL, begitupun masing-masing deret standar P (0, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm). Setiap sampel dan deret standar kemudian ditambahkan pereaksi pembangkit warna masing-masing sebanyak 9 mL dan dikocok sampai homogen. Campuran didiamkan selama 15 menit, setelah itu diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 680 nm dan dicatat nilai absorbansinya.

Pengujian kadar kalium metode AAS

Sampel sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam labu Kjeldhal, kemudian ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 mL dan HClO₄ pekat sebanyak 0,5 mL, dihomogenkan dan didiamkan selama 12 jam. Campuran kemudian dipanaskan dengan suhu 100 °C. Destruksi diakhiri bila sudah keluar uap putih dan cairan dalam labu tersisa sekitar 0,5 mL. Campuran kemudian didinginkan dan ditambahkan akuades dalam labu takar 50 mL sampai tanda batas, dan dikocok sampai homogen. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring agar diperoleh ekstrak jernih (ekstrak A). Ekstrak A diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas, kemudian dikocok sampai homogen. Ekstrak ini adalah hasil pengenceran (ekstrak B). Kalium dalam ekstrak B diukur dengan instrumen *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

Pengujian kadar C organik metode Walkey dan Black

Sampel sebanyak 0,1 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan 10 mL K₂Cr₂O₇ 1 N dan 20 mL H₂SO₄ pekat, lalu dikocok sampai homogen. Sampel didiamkan selama 30 menit, kemudian ditambahkan akuades 100 mL, H₃PO₄ pekat sebanyak 5 mL, dan indikator difenilamin sebanyak 1 mL. Sampel dititrasi dengan larutan FeSO₄ 1 N sampai warna berubah menjadi hijau (Cesaria et al., 2014).

Pengujian nilai pH

Sampel sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 50 mL akuades. Sampel dihomogenkan, kemudian pH sampel diukur dengan pH meter.

Variabel percobaan

Variabel tetap yang ditentukan adalah volume limbah cair tahu dalam formula sebesar 500 mL dan volume bakteri EM-4 sebesar 25 mL. Variabel bebas yang dipilih adalah berat abu sabut kelapa sebanyak 2 variasi (formula X dan formula Y). Formula X adalah 500 mL limbah cair tahu

+ 25 mL EM-4 + 40 g abu sabut kelapa. Formula Y adalah 500 mL limbah cair tahu + 25 mL EM-4 + 60 g abu sabut kelapa.

Uji coba penggunaan pupuk organik cair pada tanaman

Tanaman yang digunakan sebagai pengujian adalah tanaman sawi hijau (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*). Parameter yang diamati selama 7 minggu masa tanam adalah tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pupuk organik cair hasil fermentasi

Pupuk organik cair berhasil disintesis melalui fermentasi ditandai dengan perubahan warna dari coklat kehitaman menjadi coklat terang setelah melalui proses fermentasi (Gambar 1). Penambahan EM-4 dalam pembuatan pupuk organik cair dapat menyebabkan perubahan warna dari warna coklat kehitaman menjadi warna coklat terang yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme selama proses dekomposisi [4]. Selain itu aroma juga merupakan faktor penentu dari keberhasilan pupuk organik cair. Aroma yang dikeluarkan setelah proses fermentasi adalah seperti aroma tapai. Hal ini dikarenakan penambahan EM-4 berperan sebagai salah satu faktor dalam proses pengomposan karena EM-4 berfungsi untuk mempercepat menghilangkan aroma yang dikeluarkan selama proses fermentasi dengan baik.

Proses fermentasi limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa dilakukan selama 14 hari yang berfungsi untuk menguraikan unsur-unsur organik yang ada dalam limbah tersebut sehingga dapat diserap oleh tanaman. Penambahan EM-4 berfungsi untuk mengaktifkan bakteri pelarut, meningkatkan kandungan humus tanah sehingga dapat menguraikan bahan organik menjadi asam amino yang mudah diserap oleh tanaman dalam waktu cepat. Apabila pupuk organik cair tersebut disemprotkan dalam tanaman akan meningkatkan jumlah klorofil sehingga akan berpengaruh pada proses fotosintesis pada tanaman. Proses fermentasi lebih cepat pada lingkungan kedap udara atau anaerob [5].



Gambar 1. Pupuk organik cair sebelum fermentasi (a) dan setelah fermentasi (b)

Hasil pengujian kadar nitrogen

Rata-rata kadar nitrogen (N) yang terdapat pada formula X adalah 1,55% sedangkan pada formula Y adalah 1,78%. Sumber nitrogen adalah amonia yang berasal dari limbah cair tahu. Hasil analisis kadar nitrogen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kadar nitrogen (N)

Pupuk organik cair	Analisis kadar N (%)			Rata-rata kadar N (%)
	1	2	3	
Formula X	1,51	1,70	1,45	1,55
Formula Y	1,70	1,89	1,76	1,78

Penambahan EM-4 menyebabkan terjadinya penguraian protein dalam limbah cair tahu menjadi asam amino oleh mikroorganisme. EM-4 merupakan inokulan campuran mikroorganisme yang mampu mempercepat kematangan pupuk organik dalam proses dekomposisi bahan organik sehingga waktu dekomposisi pupuk organik yang cepat untuk mencapai kematangannya. Selanjutnya mikroorganisme yang ada dalam EM-4 tersebut menguraikan protein yang terdapat pada bahan baku menjadi asam amino oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan senyawa amonia (NH_3) dan amonium (NH_4^+) yang menyebabkan meningkatnya kandungan nitrogen dalam pupuk organik cair [6].

Nitrogen sangat berperan dalam pembentukan sel tanaman, jaringan, dan organ tanaman. Nitrogen memiliki fungsi utama sebagai bahan sintesis klorofil, protein, dan asam amino. Oleh karena itu unsur nitrogen dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar, terutama pada saat pertumbuhan memasuki fase vegetatif. Umumnya unsur nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Sumber unsur N dapat diperoleh dari bahan organik, mineral tanah, maupun penambahan dari pupuk organik. Apabila unsur nitrogen yang tersedia lebih banyak dari unsur lainnya maka akan dapat dihasilkan protein lebih banyak. Semakin tinggi pemberian nitrogen maka semakin cepat sintesis karbohidrat yang dilakukan oleh tanaman. Besarnya kadar nitrogen juga dapat dipengaruhi oleh seberapa besar hilangnya nitrogen dalam bentuk gas amonia (NH_3), yang ditandai dengan adanya penumpukan gas dari dalam botol dan sebagian nitrogen dapat menguap ke udara [7]. Selain dari limbah cair tahu, sumber nitrogen juga berasal dari abu sabut kelapa yang mengandung unsur hara nitrogen sebesar 0,03% [3], sehingga dapat meningkatkan kandungan nitrogen di dalam pupuk organik cair meskipun dalam jumlah sedikit. Peningkatan nilai nitrogen menandakan bahwa terjadi proses degradasi optimal [8].

Hasil pengujian kadar fosfor

Rata-rata kadar fosfor yang terdapat pada formula X adalah 2,04% dan pada formula Y adalah 2,22%. Hasil pengujian kadar fosfor disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kadar fosfor (P)

Pupuk organik cair	Analisis kadar P (%)			Rata-rata kadar P (%)
	1	2	3	
Formula X	2,03	2,04	2,06	2,04
Formula Y	2,21	2,24	2,23	2,22

Fosfor pada tanaman berfungsi dalam pembentukan bunga, buah dan biji serta mempercepat pematangan buah. Fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^- karena dalam bentuk inilah tanaman dapat menyerap. Unsur fosfor merupakan komponen penyusun dari beberapa enzim, protein, *adenosine triphosphate* (ATP), *ribonucleic acid* (RNA), dan *deoxyribonucleic acid* (DNA). Peran ATP penting untuk proses transfer energi, sedangkan RNA dan DNA menentukan sifat genetik dari tanaman. Meningkatnya kandungan fosfor berkaitan dengan ketersediaan nitrogen. Semakin tinggi kandungan nitrogen maka kandungan fosfor semakin meningkat juga. Tingginya kandungan fosfor dipengaruhi oleh tingginya kandungan nitrogen, dimana semakin tinggi kadar nitrogen maka aktivitas mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat sehingga menyebabkan kandungan fosfor dalam pupuk organik cair meningkat [9]. Pada proses pengomposan, jika nitrogen tersedia dalam jumlah yang cukup maka unsur hara lainnya juga tersedia dalam jumlah yang cukup, dan unsur lainnya itu adalah fosfor [10].

Selain kandungan nitrogen yang tinggi, meningkatnya kandungan fosfor karena adanya penambahan EM-4 dalam pembuatan pupuk organik cair sehingga EM-4 mampu meningkatkan kualitas dari pupuk organik cair. Mikroorganisme dalam EM-4 akan bekerja dengan baik jika kondisinya sesuai [11]. Mikroorganisme yang terkandung dalam EM-4 memberikan pengaruh yang baik terhadap kualitas pupuk organik termasuk kandungan nutrisi pada pupuk.

Meningkatnya fosfor juga disebabkan adanya penguraian dari mikroba yang berperan dalam membentuk fosfat. Peningkatan kadar fosfor merupakan dampak dari aktivitas *Lactobacillus* yang mengubah glukosa menjadi asam laktat, sehingga lingkungan menjadi asam yang menyebabkan fosfat yang terikat dalam rantai panjang akan larut dalam asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut. Kandungan fosfor dalam substrat akan digunakan oleh sebagian besar mikroorganisme untuk membangun selnya [12]. Proses mineralisasi fosfor terjadi karena adanya enzim fosfatase yang dihasilkan oleh sebagian besar mikroorganisme.

Hasil pengujian kadar kalium

Rata-rata kadar kalium pada formula X adalah 2,16% dan pada formula Y adalah 3,85%. Hasil pengujian kadar kalium disajikan pada Tabel 3. Kalium adalah hara penting yang sangat dibutuhkan tanaman. Penyerapan kalium oleh tanaman tergolong tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya. Unsur K diserap tanaman dari dalam tanah dalam bentuk ion K^+ . Penyerapan kalium oleh tanaman tergolong tinggi dibandingkan dengan unsur-unsur lainnya. Keberadaan kalium pada beberapa jenis tanah berkisar 0,5% - 2,5% [13]. Kalium dapat meningkatkan pergerakan fotosintat keluar dari daun menuju akar. Hal ini akan meningkatkan penyediaan energi untuk pertumbuhan akar serta perkembangan ukuran dan kualitas buah [14]. Selain itu unsur kalium berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama.

Tabel 3. Hasil analisis kadar kalium (K)

Pupuk organik cair	Analisis kadar K (%)		Rata-rata kadar K (%)
	1	2	
Formula X	2,17	2,15	2,16
Formula Y	3,88	3,82	3,85

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah abu sabut kelapa yang ditambahkan maka semakin tinggi pula kandungan kalium yang ada didalam pupuk cair organik tersebut. Abu sabut kelapa memiliki kandungan kalium yang tinggi yaitu 21,87% dibandingkan dengan unsur hara lainnya serta dapat meningkatkan ketersediaan kalium di dalam tanah [3]. Perbedaan konsentrasi abu sabut kelapa yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair juga menghasilkan kandungan kalium yang berbeda pula [15].

Kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator, dengan adanya bakteri dan aktivitasnya akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kandungan kalium. Aktivitas dekomposisi oleh mikroorganisme mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana yang menghasilkan unsur kalium yang dapat diserap tanaman [16]. Dalam proses fotosintesis kalium berperan mengatur potensi osmotik sel. Perubahan osmotik sel mempengaruhi proses menutup dan membukanya stomata. Apabila kalium dalam sel meningkat maka potensi osmotik sel menjadi negatif akibatnya stomata membuka. Proses pembukaan stomata memudahkan CO_2 masuk kedalam daun dan kemudian dimanfaatkan oleh daun dalam proses fotosintesis.

Hasil pengujian kadar karbon organik (C-organik)

Rata-rata kadar C-organik pada formula X adalah 4,23% dan pada formula Y adalah 5,39%. Hasil pengujian kadar C-organik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kadar C-organik

Pupuk organik cair	Analisis kadar C-organik (%)			Rata-rata kadar C-organik (%)
	1	2	3	
Formula X	3,87	4,59	4,25	4,23
Formula Y	5,03	6,12	5,03	5,39

Karbon adalah unsur penting sebagai pembangun bahan organik, karena sebagian besar bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik. Fungsi unsur karbon bagi tanaman adalah sebagai pembentuk fisik tanaman yang terdiri dari seluruh senyawa organik seperti karbohidrat, protein, minyak, lignin, fenol, selulosa, klorofil, enzim, vitamin, hormon, dan lain-lain. Kandungan C-organik pada pupuk organik cair merupakan suatu unsur hara yang dapat memberikan pertumbuhan bagi tanaman sebagai sumber makanan mikroorganisme tanah dalam meningkatkan proses dekomposisi pupuk organik cair di dalam tanah [17].

Penggunaan EM-4 sangat penting dalam pembuatan pupuk organik cair (POC) terutama dalam proses fermentasi. Bakteri pada EM-4 akan mengubah dan menguraikan senyawa organik yang ada pada limbah cair tahu seperti unsur karbon dan hidrogen. Namun mikroorganisme menggunakan karbon sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas metabolisme yang akan terurai ke udara dalam bentuk CO₂ [18]. Pada penelitian ini, kandungan C-organik pada pupuk organik cair juga bersumber dari penambahan abu sabut kelapa. Karbon organik yang terdapat di dalam abu sabut kelapa yaitu 0.01% [3] hingga 0,20% [19].

Hasil analisis pH

Derajat keasaman merupakan faktor yang penting karena berpengaruh terhadap ketersediaan mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan, salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme di dalam media penguraian bahan organik adalah pH. Berdasarkan hasil pengujian, nilai pH setelah fermentasi mengalami kenaikan dibandingkan pH sebelum fermentasi. Hasil pengujian nilai pH disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian nilai pH

Pupuk organik cair	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi
Formula X	5,03	6,36
Formula Y	5,09	7,12

Nilai pH sebelum fermentasi lebih rendah dibandingkan setelah proses fermentasi hal ini dikarenakan penambahan EM-4 yang sudah bereaksi dalam pembuatan pupuk organik cair dapat mempercepat penguraian bahan organik sehingga pH setelah dilakukan fermentasi meningkat. Semakin tinggi nilai pH dalam pengomposan maka semakin cepat terjadinya penguraian bahan organik [20]. Selain itu meningkatnya pH setelah fermentasi menunjukkan terjadinya proses fermentasi yang berjalan dengan baik, dimana pH akan mendorong aktivitas mikroorganisme bakteri secara optimum.

Derajat keasaman pada awal proses fermentasi mengubah bahan organik menjadi asam organik, selain itu perombakan yang terjadi selama proses fermentasi akan menghasilkan nitrogen dan amonia sehingga akan menyebabkan nilai pH menjadi meningkat. Nilai pH yang asam menunjukkan pertumbuhan mikroorganisme jenis bakteri asam laktat diantaranya *Lactobacillus* dan *Lactococcus* yang mengalami pertumbuhan yang sangat cepat hal ini disebabkan nutrisi, suhu maupun tingkat keasaman yang cukup mendukung pertumbuhannya [21]. Rendahnya nilai pH disebabkan karena sejumlah mikroorganisme yang terlihat dalam fermentasi mengubah bahan organik menjadi asam organik sehingga terbentuk suasana asam atau terjadi proses pelepasan asam [22].

Berdasarkan hasil analisis nilai pH, semakin tinggi dosis abu sabut kelapa yang ditambahkan, maka semakin tinggi nilai pH pupuk cair organik yang diperoleh. Hal ini dikarenakan kation logam yang terkandung di dalam abu sabut kelapa (Na, Ca, Mg, dan K) mengalami disosiasi ketika dilarutkan dengan senyawa ionik kompleks atau garam terpisah menjadi partikel, ion atau radikal yang lebih kecil, dan biasanya logam yang larut ini bersifat basa [15]. Semakin banyak komposisi abu sabut kelapa pada media tanah, maka pH akan semakin tinggi [23]. Kenaikan pH tersebut diikuti dengan penurunan kandungan unsur N sampai pada kisaran sangat rendah, dan kenaikan unsur K yang awalnya rendah menjadi sangat tinggi dengan selisih angka yang besar.

Hasil pengamatan tinggi tanaman setelah pemupukan

Tinggi tanaman merupakan variabel pertumbuhan tanaman yang mudah diamati sebagai parameter untuk mengetahui pengaruh perlakuan pupuk organik cair terhadap tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman menunjukkan aktivitas pertumbuhan vegetatif suatu tanaman. Hasil pengamatan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan pada usia tanaman 1 sampai 7 minggu setelah tanam (MST) terlihat perbedaan laju pertumbuhan. Tanaman dengan pupuk formula Y mengalami peningkatan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan pada tanaman dengan pupuk tanpa pemberian abu sabut kelapa dan pada pupuk formula X. Perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman sawi terjadi karena ketersediaan unsur hara, sehingga laju fotosintesis berbeda, yang mengakibatkan berbeda pula hasil pertumbuhan tinggi tanaman.

Berdasarkan hasil yang diperoleh semakin banyak penambahan abu sabut kelapa pada pupuk organik cair limbah cair tahu dapat meningkatkan tinggi tanaman sawi. Hal ini dikarenakan abu sabut kelapa menyediakan unsur hara terutama unsur kalium yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. Dengan terpenuhinya unsur kalium pada pupuk organik cair, maka dapat meningkatkan penyerapan unsur nitrogen dan fosfor dari pupuk organik cair.



Gambar 2. Pengamatan tinggi tanaman sawi

Tabel 6. Hasil pengamatan tinggi tanaman

Pupuk organik cair	Tinggi tanaman (cm), dalam minggu setelah tanam (MST)						
	1	2	3	4	5	6	7
Formula O (tanpa abu sabut kelapa)	0	0	2,1	2,5	3,5	4,2	5,5
Formula X	2,1	4,0	6,3	9,5	13,1	17,6	20,9
Formula Y	3,3	5,1	7,5	10,8	14,7	18,2	21,8

Pertumbuhan tinggi tanaman erat kaitannya dengan tersedianya unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang dibutuhkan tanaman dalam proses fisiologi dan metabolisme sehingga dapat meningkatkan tinggi tanaman. Semakin tinggi unsur nitrogen yang diserap oleh tanaman maka klorofil akan meningkat sehingga meningkatkan laju fotosintesis. Hasil fotosintesis dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tinggi tanaman. Kandungan unsur hara nitrogen yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan dan khususnya pertumbuhan batang yang dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman [24]. Apabila tanaman kekurangan nitrogen pertumbuhannya menjadi lambat dan tanaman menjadi kerdil. Tingginya kandungan fosfor berperan dalam pembentukan adenosin trifosfat (ATP) yang dibutuhkan dalam setiap aktivitas sel, seperti pembesaran dan perpanjangan sel yang menyebabkan tinggi tanaman akan bertambah. Kekurangan fosfor menyebabkan perakaran tidak berkembang dengan baik, dan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Sedangkan unsur Kalium berperan sebagai aktivator enzim dalam fotosintesis, sehingga laju fotosintesis akan bertambah jika unsur kalium meningkat. Fotosintat yang dihasilkan dimanfaatkan untuk pertumbuhan tinggi tanaman.

Hasil pengamatan jumlah daun setelah pemupukan

Daun merupakan organ tanaman tempat berlangsungnya proses fotosintesis yang memproduksi makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Daun sangat berhubungan dengan aktivitas fotosintesis, karena mengandung klorofil yang diperlukan oleh tanaman dalam proses fotosintesis, semakain banyak jumlah daun maka hasil fotosintesis semakin tinggi, sehingga tanaman tumbuh dengan baik. Hasil pengamatan jumlah daun tanaman sawi disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 7.

Hasil pengamatan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa jumlah daun pada usia 1-7 minggu setelah tanam (MST) terlihat perbedaan, pada tanaman dengan pupuk formula Y mengalami peningkatan pertumbuhan jumlah daun lebih banyak dibandingkan pada tanaman dengan pupuk tanpa abu sabut kelapa dan pada tanaman dengan pupuk formula X. Peningkatan jumlah daun ini pada umumnya beriringan dengan peningkatan tinggi tanaman sawi. Faktor eksternal yang dapat menghambat pertumbuhan jumlah daun adalah adanya kekeringan dan hama.



Gambar 3. Pengamatan jumlah daun tanaman sawi

Tabel 7. Hasil pengamatan jumlah daun

Pupuk organik cair	Jumlah daun, dalam minggu setelah tanam (MST)						
	1	2	3	4	5	6	7
Formula O (tanpa abu sabut kelapa)	0	2	2	3	3	4	6
Formula X	2	4	5	7	11	14	19
Formula Y	2	4	5	9	13	17	24

Berdasarkan hasil yang diperoleh bahwa pemberian pupuk organik cair dari limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa dengan dosis yang berbeda-beda menunjukkan hasil yang berbeda-beda juga pada tanaman. Hal ini disebabkan oleh unsur hara yang terkandung di dalam pupuk organik cair limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa dapat diserap dengan baik dan memenuhi unsur yang dibutuhkan oleh tanaman sawi sehingga mampu melakukan fotosintesis dengan baik. Penambahan abu sabut kelapa dapat memudahkan tanaman dalam melakukan penyerapan unsur hara yang dapat mencukupi kebutuhan tanaman.

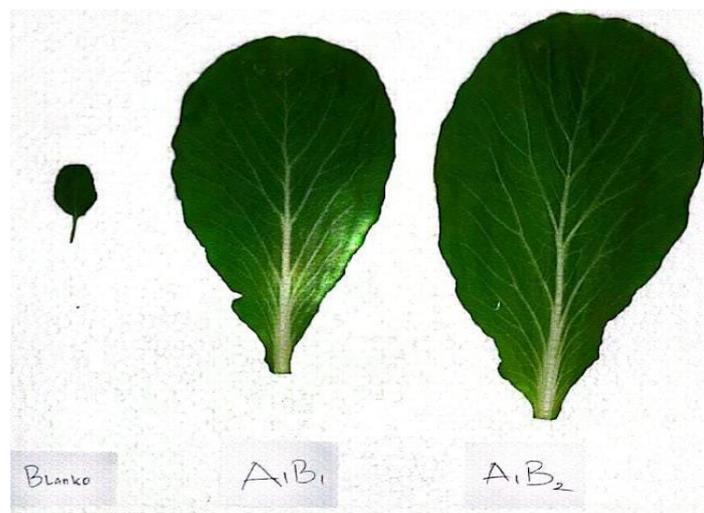
Hal ini juga sesuai dengan penelitian terdahulu tentang pemanfaatan limbah cair tahu terhadap pertumbuhan tanaman seledri yang menunjukkan bahwa pemberian limbah tahu cair pada pengamatannya berpengaruh nyata terhadap jumlah daun yang dihasilkan [25]. Hal ini dikarenakan perubahan kandungan unsur hara dalam limbah cair tahu tidak terlepas dari peran berbagai mikroorganisme, jadi mikroorganisme tersebut menggunakan senyawa kompleks yang terdapat pada limbah cair tahu sebagai bahan nutrisi dalam proses metabolisme mikroorganisme

itu sendiri sehingga terbentuk senyawa yang lebih sederhana dan meningkatkan unsur hara di dalam tanah.

Kelimpahan nitrogen juga mendorong pertumbuhan yang cepat termasuk perkembangan daun, batang lebih besar dan berwarna hijau tua, serta mendorong pertumbuhan vegetatif di atas tanah [26]. Pembentukan daun oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara nitrogen dan fosfor yang tersedia bagi tanaman, kedua unsur ini berperan dalam pembentukan sel-sel baru dan komponen utama penyusun senyawa organik dalam tanaman seperti asam amino, asam nukleat, klorofil, ADP dan ATP [27].

Hasil pengamatan lebar daun setelah pemupukan

Daun secara umum merupakan organ penghasil fotosintat utama. Pengamatan luas daun sangat diperlukan sebagai salah satu indikator pertumbuhan yang dapat menjelaskan proses pertumbuhan tanaman selama masa tanam. Luas daun menjadi salah satu parameter utama karena laju fotosintesis pertumbuhan tanaman dominan ditentukan oleh luas daun, karena fungsi utama daun adalah sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis. Hasil pengamatan lebar daun disajikan pada Gambar 4 dan Tabel 8.



Gambar 4. Pengamatan lebar daun tanaman sawi

Tabel 8. Hasil pengamatan lebar daun

Pupuk organik cair	Lebar daun (cm), dalam minggu setelah tanam (MST)						
	1	2	3	4	5	6	7
Formula O (tanpa abu sabut kelapa)	0	1,1	2,3	3,4	3,9	4,2	5,6
Formula X	2,3	3,8	5,7	7,2	8,7	10,9	13,1
Formula Y	2,4	4,0	6,2	7,9	9,1	11,6	15,7

Hasil pengamatan lebar daun pada Tabel 8 menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa dengan dosis yang berbeda-beda menunjukkan hasil yang berbeda-beda juga pada setiap tanaman. Lebar daun pada usia 1-7 minggu setelah tanam (MST) terlihat perbedaan, pada tanaman dengan pupuk formula Y memiliki pertumbuhan lebar daun lebih lebar dibandingkan pada tanaman dengan pupuk tanpa abu sabut kelapa dan tanaman dengan pupuk formula X.

Lebar daun dapat mendukung terlaksananya proses fotosintesis karena terdapat klorofil. Adanya unsur hara nitrogen dapat mempercepat proses fotosintesis sehingga pembentukan organ daun menjadi lebih cepat [27]. Tanaman yang tidak memiliki unsur hara nitrogen sesuai dengan kebutuhan haranya akan kerdil dan daunnya akan kecil, sebaliknya tanaman yang mendapatkan unsur hara nitrogen yang sesuai dengan kebutuhan akan tumbuh tinggi dan daun berbentuk lebar. Unsur N diperlukan sebagai penyusun protein, enzim, dan hormon, serta Mg sebagai penyusun klorofil.

Berdasarkan hasil pengamatan lebar daun, terjadi peningkatan dengan bertambahnya dosis abu sabut kelapa yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis pemberian pupuk organik cair limbah cair tahu dengan penambahan dosis abu sabut kelapa yang berbeda-beda maka kebutuhan unsur hara tanaman semakin terpenuhi sehingga pertumbuhan tanaman meningkat. Pada parameter jumlah daun diperoleh jumlah daun tertinggi pada pemberian pupuk formula Y, sama dengan parameter lebar daun. Hal ini terjadi karena unsur nitrogen pada formula tersebut cukup, sehingga dapat mempercepat pertumbuhan daun. Kandungan nitrogen dapat memacu pertumbuhan organ-organ yang berhubungan dengan fotosintesis [28]. Nitrogen bagi tanaman berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan hasil tanaman penghasil daun-daunan, dan dapat menyehatkan pertumbuhan daun, serta membuat daun tanaman menjadi lebih lebar dengan warna yang lebih hijau [29].

KESIMPULAN

Formula pupuk organik cair dari limbah cair tahu dan abu sabut kelapa telah berhasil disintesis, dikarakterisasi, dan diuji dengan proses pemupukan pada tanaman. Kadar nitrogen, fosfor, kalium, C-organik, dan pH pada pupuk organik cair limbah cair tahu dengan penambahan abu sabut kelapa yang tertinggi diperoleh pada formula Y dengan kadar nitrogen sebesar 1,78%, fosfor sebesar 2,22%, kalium sebesar 3.85%, C-organik sebesar 5,39%, dan pH sebesar 7,12. Hasil uji pemupukan pada tanaman juga menunjukkan bahwa pupuk organik cair dengan formula Y menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun yang terbaik dalam periode 7 minggu masa tanam. Hasil tersebut membuktikan bahwa semakin banyak abu sabut kelapa yang ditambahkan pada pupuk organik cair, dapat meningkatkan kadar unsur hara dan pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Pangaribuan, Y. C. Ginting, L. P. Saputra, and H. Fitri, "Aplikasi Pupuk Organik Cair dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan, Produksi, dan Kualitas Pascapanen Jagung Manis (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt.)," *J. Hortik. Indones.*, vol. 8, no. 1, pp. 59–67, Apr. 2017.
- [2] E. Marian and S. Tuhuteru, "Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Putih," *Agritrop*, vol. 17, no. 2, pp. 134–144, Dec. 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/in>.
- [3] S. Risnah, P. Yudono, and A. Syukur, "Pengaruh Abu Sabut Kelapa Terhadap Ketersediaan K di Tanah dan Serapan K pada Pertumbuhan Bibit Kakao," *J. Ilmu Pertan.*, vol. 16, no. 2, pp. 79–91, 2013.
- [4] M. I. Gusnadi, "Pengaruh Penambahan *Effective Microorganism* 4 (EM4) Terhadap Kualitas Kompos dari Bahan Feses Sapi, Ampas Tebu, dan Kulit Kopi," Universitas Jambi, 2023.
- [5] Naswir, "Pemanfaatan Urine Sapi yang Difermentasi sebagai Nutrisi Tanaman," Bogor, Nov. 2003.
- [6] A. Pinandita, D. Biyantoro, and Margono, "Pengaruh Penambahan EM-4 dan *Molasses* Terhadap Proses *Composting* Campuran Daun Angsana (*Pterocarpus indicum*) dan Akasia (*Acacia auriculiformis*)," *J. Rekayasa Proses*, vol. 11, no. 1, pp. 19–23, Jun. 2017.
- [7] M. I. Hardikawati, "Uji Kandungan Nitrogen dan Phospor Pupuk Organik Cair Kombinasi Ampas Sagu dan Daun Lamtoro dengan Penambahan Kotoran Itik Sebagai Bioaktivator," Universitas Muhammadiyah, Surakarta, 2017.
- [8] A. Waryanti, Sudarno, and E. Sutrisno, "Studi Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa pada Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Air Cucian Ikan Terhadap Kualitas Unsur Hara Makro (CNPk)," Semarang, 2013.
- [9] B. Anugrah, A. Ahmad, and D. Andrio, "Pengujian Kualitas NPK *Biofertilizer* dalam Pengolahan Limbah Padat Serat Buah Sawit," *JOM FTEKNIK*, vol. 6, no. 2, pp. 1–7, 2019.
- [10] L. Wulandari, M. Junus, and E. Setyowati, "The Effect of Aeration As Well As Silicon Additive After Differing Maturation Time on The Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in The Liquid Manure

- From Biogas Production,” Malang, 2015.
- [11] T. Nur, A. R. Noor, and M. Elma, “Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Sampah Organik Rumah Tangga dengan Penambahan Bioaktivator EM4 (*Effective Microorganisms*),” *Konversi*, vol. 5, no. 2, pp. 5–12, Oct. 2016.
- [12] W. Rasyid, “Kandungan Fosfor (P) Pupuk Organik Cair (POC) Asal Urin Sapi dengan Penambahan Akar Serai (*Cymbopogon citratus*) Melalui Fermentasi,” Universitas Islam Negeri Alaudin, Makassar, 2017.
- [13] P. A. Nugroho, “Dinamika Hara Kalium dan Pengelolaannya di Perkebunan Karet,” *War. Perkaratan*, vol. 34, no. 2, pp. 89–102, Aug. 2015.
- [14] O. Sucherman, “Pengaruh Pemupukan Kalium Terhadap Perkembangan Populasi Hama Tungau Jingga (*Brevipalpus phoenicis* Geijskes) pada Tanaman Teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze),” *J. Penelit. Teh dan Kina*, vol. 17, no. 1, pp. 39–46, Jun. 2014.
- [15] P. Oktavia, “Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Abu Sabut Kelapa Terhadap Kadar Kalium (K) Pupuk Organik Limbah Cair Produksi Tempe Terfermentasi,” Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2018.
- [16] B. N. Widarti, W. K. Wardhini, and E. Sarwono, “Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang,” *J. Integr. Proses*, vol. 5, no. 2, pp. 75–80, Apr. 2015.
- [17] B. W. R. I. H. Putra and R. Ratnawati, “Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah dengan Penambahan Bioaktivator EM4,” *J. Sains dan Teknol. Lingkungan*, vol. 11, no. 1, pp. 44–56, Jan. 2019.
- [18] D. Widyabudiningsih *et al.*, “Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi,” *Indones. J. Chem. Anal.*, vol. 04, no. 01, pp. 30–39, Mar. 2021, doi: 10.20885/ijca.vol4.iss1.art4.
- [19] S. M. Telaumbanua, Suwardi, and D. Tjahyandari, “Aplikasi Bahan Humat, Pupuk Silika, dan Abu Sabut Kelapa sebagai Bahan Amelioran Tanah Sawah,” Bogor Agricultural University, Bogor, 2018.
- [20] E. F. B. Handayani, “Pemberian Dekomposer Jamur *Trichoderma sp.* Terhadap Pembuatan Trikompos Batang Pisang,” *J. Pertan. dan Pangan Agrofood*, vol. 3, no. 1, pp. 21–28, 2021.
- [21] M. A. Trinanda, “Studi Aktivitas Bakteri Asam Laktat (*L. Plantarum* dan *L. Fermentum*) Terhadap Kadar Protein Melalui Penambahan Tepung Kedelai pada Bubur Instan Terfermentasi,” Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015.
- [22] N. robitul Mardliyah and Y. Suryo, “Pemanfaatan Unsur Makro (NPK) Limbah Cair Tahu untuk Pembuatan Pupuk Cair Secara Aerobik,” *J. Envirotek*, vol. 9, no. 2, 2017.
- [23] F. N. Sukmawati and Z. Zein, “Pemanfaatan Abu Dapur Sebagai Media Tanam Pembibitan Kakao (*Theobroma cacao*),” *Agrotech Sci. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–16, Dec. 2016, doi: 10.21111/agrotech.v2i2.728.
- [24] S. Y. Sari, “Pengaruh Volume Pupuk Organik Cair Berbahan Dasar Sabut Kelapa (*Cocos nucifera*) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.),” Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2015.
- [25] L. Trianti, “Pemanfaatan Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L) Sebagai Penunjang Praktikum Fisiologi Tumbuhan,” Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, 2017.
- [26] A. R. Arinong, Vandalisna, and Asni, “Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L) dengan Pemberian Mikroorganisme Lokal (MOL) dan Pupuk Kandang Ayam,” *J. Agrisistem*, vol. 10, no. 1, pp. 40–46, Jun. 2014.
- [27] H. Dhani, Wardati, and Rosmimi, “Pengaruh Pupuk Vermikompos pada Tanah *Inceptisol* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.),” Pekanbaru, 2013.
- [28] A. Sutrisno, E. Ratnasari, and H. Fitrihidajati, “Fermentasi Limbah Cair Tahu

- Menggunakan EM4 Sebagai Alternatif Nutrisi Hidroponik dan Aplikasinya pada Sawi Hijau (*Brassica juncea* var. *Tosakan*),” *Lentera Bio J. Mhs. Univ. negeri Surabaya*, vol. 4, no. 1, pp. 56–63, Jan. 2015, [Online]. Available: <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>.
- [29] Amidasari, “Pertumbuhan Tanaman Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.) Secara Hidroponik pada Media Pupuk Organik Cair dari Kotoran Kelinci dan Kotoran Kambing,” Universitas Muhammadiyah, Surakarta, 2016.