Volume 10, nomor 2, tahun 2025

Biogenerasi

Jurnal Pendidikan Biologi

https://e-journal.my.id/biogenerasi

PEMANFAATAN POC LIMBAH TAHU DAN EKOENZIM SEBAGAI NUTRISI PERTUMBUHAN BAYAM MERAH (*Amaranthus tricolor* L.) PADA SISTEM HIDROPONIK

Rahmawati Pasaribu, M. Idris, Khairunnisa, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
E-mail: rahmawatipasaribu774@gmail.com, midris@uinsu.ac.id, Khairunnisa076@uinsu.ac.id

Abstract

The purpose of this study was to determine how to utilize POC tofu waste xan Ecoenzim for the growth of red spinach in a hydroponic system. This research method uses a non-factorial randomized block design with 4 treatments and 5 repetitions. The first treatment as a control consisted of AB mix 10 ml/liter of water, the second treatment (450 ml POC/liter of water), the third treatment (1 ml ecoenzyme/liter of water) and the fourth treatment (45% POC and 1 ml ecoenzyme/liter of water). The duration of the study was 1 month since transplanting. The parameters measured included plant height, number of leaves, leaf area, plant wet weight, root volume and chlorophyll content of red spinach. The results showed that the combination of tofu waste POC and ecoenzyme gave significant results in increasing the growth of red spinach compared to other treatments. The conclusion of this study is that the best treatment is the fourth treatment, namely 45% POC and 1 ml of ecoenzyme/liter of water).

Keywords: Tofu waste POC, Ecoenzyme, Red spinach, Hydroponics

Abstrak

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan POC limbah tahu xan Ecoenzim untuk pertumbuhan bayam merah pada system hidroponik. Metode penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok non faktorial dengan 4 perlakuan dan 5 pengulangan. Perlakuan pertama sebagai kontrol terdiri atas AB mix 10 ml/liter air, perlakuan kedua (450 ml POC/liter air), perlakuan ketiga (1 ml ekoenzim/liter air) dan perlakuan keempat (45% POC dan 1 ml ekoenzim/liter air). Lama penelitian dilakukan selama 1 bulan sejak pindah tanam. Parameter yang diukur meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah tanaman, volume akar dan kadar klorofil bayam merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi POC limbah tahu dan ekoenzim, memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan pertumbuhan bayam merah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah perlakuan terbaik pada perlakuan keempat yaitu 45% POC dan 1 ml ekoenzim/liter air).

Kata Kunci: POC limbah tahu, Ekoenzim, Bayam merah, Hidroponik

© 2025 Universitas Cokroaminoto palopo

Correspondence Author :
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

p-ISSN 2573-5163
e-ISSN 2579-7085

PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya banyak penduduk, kebutuhan masyarakat terhadap pangan bergizi, seperti sayuran, turut meningkat. Namun, keterbatasan lahan pertanian, terutama di kawasan perkotaan, menjadi tantangan. Sebagai solusi, sistem pertanian hidroponik hadir sebagai alternatif untuk mengatasi masalah tersebut (Warjoto, 2020). Metode bercocok tanam hidroponik dibudidayakan tanpa memanfaatkan tanah sebagai media tanamnya. Sebaliknya, air digunakan sebagai pengganti tanah, hal ini memungkinkan pertanian dapat dilakukan pada lahan yang terbatas. Pertanian hidroponik menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain memerlukan lahan yang relatif kecil serta memiliki ancaman serangan hama dan penyakit yang lebih rendah karena lingkungannya yang dapat dikendalikan.

Budidaya hidroponik membutuhkan asupan nutrisi yang esensial untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Nutrisi yang umum digunakan pada saat ini yaitu dalam bentuk AB mix general sayur, dengan kandungan zat hara lengkap meliputi zat hara makro dan zat hara mikro (Purbajati et al., 2017). Alternatif pengembangan sumber nutrisi dengan harga yang relatif murah dibutuhkan agar memudahkan budidaya secara hidroponik. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan sumber hara dari pupuk organik cair yang berasal dari sisa pembuangan tahu dan sampah organik dalam bentuk ekoenzim.

Limbah merupakan sisa hasil tidak terpakai yang dihasilkan dari proses produksi, baik dari kegiatan industri maupun skala kecil (rumah tangga). Hasil limbah yang diperoleh berdampak buruk terhadap lingkungan. Industri tahu selama proses pengolahannya memunculkan sisa buangan dalam bentuk padat dan cair. Jika dibiarkan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu, limbah tahu berisiko membahayakan karena berpotensi mencemari kualitas air dan udara. Disisi lain kalsium, magnesium, fosfor, protein, karbohidrat, dan nitrogen termasuk pada bahan organik berkualitas tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk organik cair atau larutan nutrisi untuk pertumbuhan tumbuhan (Hadiyanto, 2018).

Seperti yang diketahui, limbah industri mengandung kadar tinggi bahan organik dan anorganik. Limbah ini dapat berakibat buruk terhadap lingkungan sekitar jika dibiarkan begitu saja dan tidak diolah Kembali . Dalam kebanyakan kasus, air limbah tahu mengandung tingkat BOD, COD, nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan karbon organik (C-organik) yang tinggi. Limbah tahu juga mengandung unsur hara esensial yang diperlukan tanaman, seperti nitrogen (N) 1,24%, fosfor (P) 5,54%, kalium (K) 1,34%, dan lemak (10%). Konsentrasi unsur organik dalam limbah tahu dapat dipengaruhi oleh jumlah unsur organik tersebut.

Dalam penelitiannya Ahmad dan Adiningsih (2019), limbah cair tahu dapat diolah kembali untuk menghasilkan produk bermanfaat, yang menjadikannya solusi untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Hasil sisa pembuangan ini dapat menghasilkan pupuk organik yang mampu membantu pertumbuhan berbagai tanaman. Zulfa (2019) menunjukkan bahwa penggunaan limbah cair tahu memengaruhi pertumbuhan terhadap sayur bayam merah, dengan peningkatan ketinggian batang, banyaknya daun, lebar daun, dan panjang akar. Sementara itu, Aprilia (2023) menurut penelitiannya bahwa penerapan pupuk organik cair dari limbah cair tahu sangat memengaruhi pertumbuhan sawi hijau. Hasil pemeriksaan tanaman, termasuk tingginya, banyaknya daun, luas permukaan daun, dan kandungan klorofil, menunjukkan hal ini. Hasil terbaik dicapai pada konsentrasi lima puluh lima persen.

Pemanfaatan pupuk hayati (biofertilizer) sebagai alternatif penyedia unsur hara tanaman dapat menggantikan penggunaan pupuk anorganik dalam proses pemupukan. Mengurangi pemakaian pupuk anorganik tidak hanya membantu menekan risiko pencemaran lingkungan, tetapi juga menghemat biaya (Amalia, 2022). Selain pada penggunaan hasil buangan limbah tahu dalam bentuk pupuk organik cair, pengoptimalan sampah organik dapat dilakukan dengan menggunakan ekoenzim.

Ekoenzim merupakan hasil larutan fermentasi kompleks senyawa organik yang bersumber dari sampah seperti sisa sayuran dan buah-buahan dengan campuran gula dan air (Hemalatha dan Visantini, 2020). Produk

ekoenzim mengandung sejumlah enzim seperti amilase, tripsin, asam organik seperti asam asetat dan sejumlah mineral hara seperti N, P, dan K juga kandungan bakteri berpotensi menjadi perombak bahan organik, agen pengendali hama tanaman juga perangsang tumbuhan (Susilowati et al., 2021). Melihat keunggulan ekoenzim sebagai pupuk organik cair, penerapan ekoenzim secara langsung pada pertumbuhan tanaman menjadi pilihan yang baik. Menurut Widarawati (2023) hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ekoenzim pada tanaman bayam merah secara hidroponik berpengaruh terhadap tinggi tanaman 4 MST dan 6 MST. Konsentrasi ekoenzim 1000 ppm merupakan nilai konsentrasi terbaik untuk pertumbuhan bayam merah sistem rakit apung.

Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) adalah jenis tanaman sayuran yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Konsumsi bayam merah semakin meningkat sehingga harus dibarengi dengan meningkatnya jumlah produksi komoditi tersebut. Tanaman bayam dibudidayakan luas di banyaknya wilayah Indonesia dan menjadi salah satu sayuran favorit masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi. Bayam merah mengandung komponen zat yang bermanfaat bagi kesehatan, baik dalam bentuk flavonoid yang berperan menjadi antioksidan, serta vitamin K, C, A, maupun garam fosfat (Ariami et al., 2018). Selain itu, tanaman *Amaranthus tricolor* L berpotensi dimanfaatkan sebagai penyembuhan untuk menjaga kesehatan dan mempercepat proses penyembuhan. Permintaan untuk produksi bayam merah meningkat sebagai akibat dari faktor-faktor tersebut (Wiyasihati dan Wanito, 2016). Bayam merah memiliki banyak nutrisi, termasuk vitamin, karbohidrat,lemak dan protein. mineral, zat besi, mangan, kalium, kalsium, dan magnesium. Bayam merah memiliki vitamin A, vitamin C, dan vitamin E (Hendro, 2008).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika Indonesia, produksi bayam merah pada tahun 2017 melonjak pada 148.288 ton dan meningkat menjadi 162.277 ton pada tahun 2018. Namun, rentang tahun 2019, produksinya menurun menjadi 160.306 ton. Penurunan produksi ini juga dipengaruhi oleh berkurangnya luas lahan, di mana pada tahun 2019 tercatat seluas 167 hektar dan menurun menjadi 155 hektar pada tahun 2020. Kurangnya hasil produksi ini dapat mempengaruhi ketersediaan pasokan yang dibutuhkan, sehingga upaya peningkatan nilai produksi perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pangan.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan POC limbah tahu xan Ecoenzim untuk pertumbuhan bayam merah pada system hidroponik

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wadah hidroponik, gelas ukur, alat tulis, spektrofotometer, botol, saringan, pH meter digital, TDS meter, penggaris, timbangan analitik, kain flanel, wadah plastik, kertas label, serta perlengkapan lain yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bibit bayam merah, limbah tahu, ekoenzim, AB Mix, rockwool, EM4 dan bahan lain yang mendukung pelaksanaan.

Pembuatan POC Limbah Tahu

Proses pembuatan POC dari limbah tahu mengacu pada metode Putra (2022). Langkah pertama adalah menyiapkan 2,5 L limbah cair tahu pada suhu ruangan, 150 ml EM4, 100 ml larutan gula, 1 L air kelapa, dan air secukupnya. EM4 dan air kelapa dicampurkan dalam bak pengaduk, lalu diaduk hingga merata. Setelah itu, ditambahkan limbah cair tahu, larutan gula, dan air secukupnya, kemudian diaduk kembali. Campuran tersebut dipindahkan ke dalam jerigen dan ditutup rapat untuk proses fermentasi selama 14-15 hari. Berdasarkan pengamatan Endah (2015), POC yang berkualitas baik ditandai dengan perubahan warna menjadi kuning kecokelatan dan aroma seperti tape. Menurut Rasmito et al. (2019), kandungan zat organik terbesar dalam POC terdiri dari protein sebesar 30-70%, karbohidrat 20-50%, dan lemak 10%. Kandungan ini mampu membantu kebutuhan unsur hara P, N, dan K bagi tanaman, baik dalam sistem konvensional maupun hidroponik. Pemilihan limbah tahu disebabkan karena banyaknya limbah tahu yang terbuang percuma tanpa diolah pada tempat produksi tahu dan mengandung nutrisi yang dapat membantu menyuburkan tanaman hidroponik.

Pembuatan Ekoenzim

Langkah awal produksi ekoenzim diawali dengan menyiapkan sampah organik kulit jeruk, lalu dipotong agar lebih kecil. Bahan lain yang diperlukan meliputi gula merah dan air, dengan perbandingan komposisi 10:3:1 untuk air, kulit buah, dan gula merah. Digunakan air sebanyak satu liter untuk melarutkan 100 gram gula merah, kemudian larutan tersebut dituangkan ke dalam botol plastik berkapasitas 1,5 L yang telah diisi dengan 300 gram kulit buah. Botol selanjutnya ditutup dengan rapat dan diamankan di tempat yang teduh. Proses fermentasi berlangsung selama tiga bulan. Pada 2 minggu awal, wadah penutup perlu dibuka selama beberapa waktu setiap hari guna melepaskan gas hasil fermentasi. Selanjutnya ketika tiga bulan, campuran dipisahkan pada padatan dan cairan melalui proses filtrasi agar didapat larutan ekoenzim (Rochyani et al., 2020).

Rancangan Hidroponik

Penelitian ini menggunakan sistem hidroponik rakit apung, di mana wadah plastik digunakan sebagai wadah nutrisi. Kain flanel berfungsi menjadi perantara untuk menyalurkan air dan nutrisi berupa pupuk organik cair, sedangkan netpot digunakan sebagai wadah untuk menanam bayam merah.

Penyemaian Benih Bayam

Langkah awal Langkah awal penyemaian dimulai dengan merendam benih dalam air selama 30 menit. Bibit yang berada di bawah dipilih karena memiliki potensi daya kecambah yang lebih tinggi. Selanjutnya, benih ditanam pada setiap lubang semai per satuan. Proses semai dilakukan menggunakan metode Tanam Benih Langsung untuk meningkatkan efisiensi cara kerja. Benih disemai di baki penyemaian dengan media tanam berupa rockwool berukuran 2,5 x 2,5 cm yang telah direndam air sampai basah (Warjoto et al., 2020).

Pembuatan Larutan AB Mix

Langkah awal menyiapkan larutan AB mix dimulai dengan menyiapkan kemasan AB mix yang akan dilarutkan. Disiapkan dua ember atau wadah yang mampu menampung air dan dilengkapi dengan penutup untuk menyimpan hasil larutan. Masing-masing ember diisi dengan 5 liter air, kemudian ditambahkan nutrisi A ke dalam satu ember dan nutrisi B ke ember lainnya. Larutan diaduk hingga tercampur homogen. Untuk penggunaan, larutan A dan B masing-masing diambil sebanyak 5 ml menggunakan suntik, lalu dicampurkan dengan air hingga mencapai volume 1 liter.

Pindah Tanam Bayam Merah

Bibit bayam merah yang telah tumbuh dan memiliki daun dipindahkan dari baki penyemaian ke dalam netpot. Selanjutnya, tanaman bayam ditempatkan di masing-masing bak hidroponik. Proses pertumbuhan hingga munculnya daun sejati pada semaian bayam memerlukan waktu sekitar 7 hari (Raharjeng et al., 2018).

Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan dilakukan dengan mengatur kebersihan media hidroponik dan mengganti larutan nutrisi yang sudah dilarutkan per minggu, mulai dari proses pindah tanam hingga masa panen (Muhadiansyah et al., 2016). Selain itu, pemeliharaan juga mencakup pengukuran TDS secara rutin.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan ketika tanaman berusia tiga puluh hari seusai tanam, dengan tinggi berkisar 15-20 cm dan belum memasuki fase berbunga. Proses panen dilakukan sebelum siang untuk memastikan tanaman agar tetap segar (Nirmalayanti et al., 2017).

Analisis Data

Data penelitian dianalisis dengan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) melalui bantuan SPSS pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Jika hasil menunjukkan pengaruh yang nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji DMRT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman Bayam Merah (cm)

Hasil analisis sidik ragam tinggi tanaman bayam merah dengan perlakuan pemberian POC limbah tahu dan ekoenzim pada umur 2-4 MST dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa pemberian POC limbah

maupun kombinasi ekoenzim berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bayam merah pada 2-4 MST. Rataan tinggi tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.1

Perlakuan	Waktu Pengamatan (MST)		
	2	3	4
	p (0,01)	*p (0,03)*	*p (000)*
K0 (Kontrol)	4,600[a]	10,6000 [ab]	19,000[b]
K1 (45% POC)	5,200 [a]	12,0000[b]	20,800[b]
K2 (1 ml ekoenzim)	4,000 [a]	9,4000 [a]	14,400 [a]
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim)	6,800[b]	14,8000[c]	25,800[c]

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa perlakuan POC limbah tahu dan penambahan ekoenzim (K3) menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya pada 2-4 MST. Hal ini dikarenakan konsentrasi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman tersedia dan dapat diserap oleh akar dengan baik. Adanya perbandingan hasil dengan perlakuan AB mix sebagai kontrol karena konsentrasi pada pemberian setiap wadah melebihi dari yang dibutuhkan sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini pemberian AB mix diberikan sebanyak 50 ml/wadah air sehingga kadar ppm yang didapat pada setiap perlakuan dengan pemberian AB mix melebihi konsentrasi normal. Menurut Wiguna (2011) dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tanaman stres, proses fisiologis terganggu kemudian tanaman dapat mengalami keracunan dan pertumbuhan tidak stabil. Dalam penelitian Hidayanti (2019), pemberian nutrisi AB mix dengan dosis 20 ml menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman. Hal ini diduga karena dosis nutrisi yang terlalu tinggi, sehingga bukannya merangsang pertumbuhan, justru menghambat perkembangan tanaman. Nutrisi yang berlebih pada tanaman dapat menghambat aksi enzim sehingga tidak dapat secara efektif membentuk kompleks enzim substrat (Rahayu, 2004). Nutrisi AB mix merupakan nutrisi anorganik yang dirancang mendukung pertumbuhan tanaman, tetapi tidak mengandung senyawa bioaktif seperti enzim, asam organik, dan mikroorganisme. Kombinasi POC limbah tahu dan ekoenzim menyediakan senyawa bioaktif ini, yang dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan mendukung pertumbuhan tanaman. POC dengan kandungan bahan organik tinggi dapat bertindak sebagai "slow-release fertilizer," sehingga nutrisi lebih tahan lama dalam larutan hidroponik. (Winarno et al. 2020).

Lampiran 8 menunjukkan bahwa kandungan unsur hara dalam limbah tahu meliputi nitrogen (N) sebesar 1,21%, fosfor (P) sebesar 1,20%, dan kalium (K) sebesar 1,56%. Ketiga unsur hara esensial ini sangat penting dalam mendukung proses fisiologis dan metabolisme tanaman, sehingga berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, termasuk bayam merah. Perlakuan dengan pemberian 45% POC limbah tahu dan ekoenzim (K3) memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, karena telah memenuhi standar optimal pertumbuhan bayam merah. Penambahan ekoenzim ke dalam POC limbah tahu dapat meningkatkan efektivitas pertumbuhan bayam merah karena tingginya kandungan unsur hara di dalamnya. Menurut Wiryono et al. (2021), ekoenzim mengandung nitrogen (N) dan molibdat (Mo), di mana nitrogen berperan penting dalam merangsang pertumbuhan daun dan batang. Ketersediaan unsur hara yang memadai akan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Pertumbuhan yang baik tersebut juga menjadi faktor penting dalam menunjang proses fotosintesis tanaman.

Nitrogen adalah unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh sel-sel pada organ vegetatif tanaman untuk proses pembentukan senyawa protein (Sumiyati, 2019). Nitrogen berperan dalam pembentukan sel tanaman, organ, dan jaringan tanaman. Tanaman seperti

bayam merah yang hanya dimanfaatkan daunnya memerlukan unsur hara nitrogen, fosfor dan kalium sebagai nutrisi untuk membentuk asam amino dan protein dalam pembentukan daun. Selanjutnya fosfor berperan dalam mengendalikan semua aktivitas dalam sel, berperan dalam asimilasi dan pernafasan. Unsur hara kalium (K) berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dengan berfungsi sebagai aktivator berbagai enzim penting dalam proses fotosintesis serta merangsang pembelahan sel pada jaringan, yang mendorong pemanjangan sel dan mempercepat peningkatan tinggi tanaman.

Limbah cair tahu yang dimanfaatkan sebagai POC mengandung unsur hara kalium (K) yang berperan dalam membantu perkembangan akar lateral, sehingga proses tanaman bayam merah dalam menyerap air menjadi lebih optimal. Menurut Ma'sum (2015), salah satu faktor yang memengaruhi hasil pertumbuhan tinggi tanaman adalah ketersediaan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang. Berdasarkan hasil analisis, perlakuan dengan POC limbah tahu dan penambahan ekoenzim memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan tinggi tanaman.

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian POC limbah tahu dan ekoenzim berpengaruh nyata terhadap jumlah daun bayam merah pada 2-4 MST (Lampiran 2). Rataan jumlah daun bayam merah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Parameter jumlah daun dengan pengaruh pemberian POC limbah tahu pada 2 sampai dengan 4 MST

Perlakuan	Waktu Pengamatan (MST)		
	2	3	4
	p (0,01)	*p (0,00)*	*p (0,00)*
K0 (Kontrol)	3,80 [a]	5,20[ab]	6,60[b]
K1 (45% POC)	4,40 [a]	6,00[b]	7,20[b]
K2 (1 ml Ekoenzim)	3,80 [a]	4,80[a]	5,00[a]
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim)	5,80[b]	8,20[c]	9,40[c]

Keterangan :Angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.2, pemberian POC limbah tahu berpengaruh signifikan terhadap jumlah helai daun bayam merah. Tanaman bayam merah memberikan respons positif terhadap asupan nutrisi dari POC limbah tahu. Perlakuan dengan kombinasi POC limbah tahu dan ekoenzim menghasilkan daun terbanyak dibandingkan perlakuan tanpa limbah tahu. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan unsur hara nitrogen yang berperan penting dalam mendorong pertumbuhan vegetatif. Kandungan nitrogen dalam limbah tahu sangat memengaruhi perkembangan daun, sehingga memunculkan perbedaan jumlah daun. Menurut Novita et al. (2021), nitrogen berfungsi utama dalam merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, terutama pada batang, cabang, jumlah daun, dan tunas daun. Selain itu, nitrogen berperan penting dalam proses fotosintesis, khususnya dalam pembentukan hijauan daun. Hasil fotosintesis ini digunakan untuk membentuk jaringan tanaman dan menunjang proses metabolisme tanaman.

Jumlah daun yang meningkat pada bayam merah mengindikasikan pertumbuhan vegetatif yang optimal. Nitrogen, sebagai bagian dari zat hara makro, berperan krusial dalam proses biosintesis senyawa organik yang dibutuhkan untuk membangun jaringan tanaman, terutama pada bagian-bagian vegetatif seperti daun, batang, dan akar. Unsur hara nitrogen berperan dalam pembentukan asam amino, yang merupakan komponen dasar penting dalam proses metabolisme tanaman dan berpengaruh terhadap pertambahan jumlah daun. Nitrogen juga berfungsi dalam sintesis klorofil, yang berperan dalam pembentukan organ-organ pertumbuhan, termasuk daun. Jumlah daun yang terbentuk akan memengaruhi laju fotosintesis, di mana semakin banyak daun yang terbentuk, maka proses fotosintesis juga akan meningkat. Selain itu, seiring dengan pertambahan ketinggian tanaman, banyak daun akan bertambah dikarenakan daun tumbuh pada buku-buku batang (Mariana, 2019).

Menurut Safitri et al. (2021), ketersediaan konsentrasi zat hara nitrogen yang

mencukupi berperan pada pertumbuhan dan hasil panen. Pertumbuhan dan perkembangan daun didorong oleh senyawa protein dan karbohidrat, yang berperan dalam pembentukan, pembelahan, dan pemanjangan sel. Nitrogen, sebagai bagian dari komponen protein dalam proses fotosintesis, merangsang pembentukan klorofil yang berfungsi untuk mendukung pertumbuhan dan pembentukan daun (Pramushinta dan Yulian, 2020).

Hasil analisis terhadap parameter jumlah daun menunjukkan bahwa perlakuan K3, yaitu penggunaan POC limbah tahu dengan penambahan ekoenzim, menghasilkan jumlah rata rata daun tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan ekoenzim memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dengan peningkatan banyaknya jumlah daun. Semakin tinggi konsentrasi yang dipakai, semakin banyak pula unsur nitrogen yang tersedia untuk mendukung pertumbuhan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan temuan Marian dan Sumiyati (2019), yang menunjukkan bahwa limbah tahu memiliki kandungan fosfor, nitrogen dan kalium yang signifikan dalam mendukung pertumbuhan tanaman, terutama pada fase vegetatif seperti pembentukan daun dan pemanjangan batang. Selain itu, penelitian Widarawati (2023) juga mendukung bahwa aplikasi ekoenzim secara signifikan meningkatkan kandungan klorofil dan efisiensi fotosintesis tanaman. Limbah tahu, dengan kandungan protein dan mineralnya, bertindak sebagai sumber utama nutrisi makro (N, P, K), sementara ekoenzim meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi melalui aktivitas senyawa bioaktif seperti asam organik.

Luas Daun

Hasil Hasil analisis perlakuan dengan POC limbah tahu dan ekoenzim menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada 4 MST. Jumlah dengan luas daun tertinggi dapat dilihat pada Lampiran 4. Rataan nilai luas daun terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter luas daun dengan pengaruh pemberian POC limbah tahu dan ekoenzim pada 4 MST

Perlakuan	Rerata	P = Value
K0 (Kontrol)	1,1060E2[b]	
K1 (45% POC)	1,2400E2[c]	000
K2 (1 ml ekoenzim)	68,2000[a]	
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim	1,5360E2[d]	

Keterangan :Angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukan bahwa perlakuan dengan pemberian POC limbah tahu berpengaruh signifikan pada luas daun bayam merah. Jumlah luas daun terbaik terlihat pada perlakuan K3 dengan POC limbah tahu dan kombinasi ekoenzim. Faktor ini disebabkan oleh peningkatan tinggi tanaman dan jumlah helai daun, di mana keduanya berkontribusi secara signifikan terhadap perkembangan luas daun.

Pembentukan daun terjadi karena adanya proses peranan unsur hara nitrogen. Nitrogen berperan terhadap pemanjangan dan pelebaran daun juga pembentukan klorofil. Hasil penelitian Farhana (2021) menyatakan ketersedian unsur hara pada limbah cair tahu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan daun. Campuran ketersediaan hara dan mikroorganisme memicu pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Pemberian perlakuan limbah tahu mempengaruhi helai daun menjadi lebih besar, juga menunjukkan adanya perbedaan jumlah helai daun. Menurut Lantarang (2006), banyaknya daun dikarenakan oleh banyaknya jumlah dan ukuran sel, yang juga dipengaruhi oleh penyerapan unsur hara oleh akar. Proses ini sejalan dengan pendapat Lakitan (1996) yang menyatakan bahwa aktivitas jaringan meristematik, termasuk pertumbuhan dan peningkatan jumlah serta ukuran daun, dipengaruhi oleh ketersediaan air dan unsur hara.

Peran meristem terhadap luas daun pada tanaman, termasuk bayam merah sangat penting dan dapat dipengaruhi oleh pemberian N,P,K. Meristem berperan dalam menentukan luas daun melalui proses pembelahan sel dan pembentukan primordia daun. Aktivitas meristem yang tinggi, didukung oleh ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang optimal. Pengaruh adanya kandungan nitrogen terhadap pembentukan sel daun.

Senyawa bioaktif dalam ekoenzim, seperti asam organik dan enzim, memecah bahan organik dalam POC menjadi bentuk yang mudah diserap akar. Penyerapan nutrisi ini meningkatkan sintesis protein dan klorofil, yang berkontribusi pada pembentukan daun baru dan pemanjangan daun yang ada (Hemalatha dan Visantini, 2020).

Menurut Amrina (2018), adanya peningkatan kemampuan tanaman dalam menerima zat hara dan air dapat mempercepat laju fotosintesis, sehingga menghasilkan senyawa penting seperti protein. Peningkatan kadar protein berperan dalam pembentukan proses pembelahan inti sel, yang mendorong pembentukan sel-sel baru dan mempengaruhi pertumbuhan jaringan, organ, termasuk jumlah dan luas daun. Daun, sebagai organ vegetatif tanaman, memiliki peran penting dalam pertumbuhan karena menjadi tempat utama berlangsungnya proses fotosintesis.

Penggunaan kombinasi POC limbah tahu dan ekoenzim pada perlakuan (K3) memberikan hasil yang lebih sinergis dibandingkan dengan penggunaan salah satu saja. Keterkaitan keduanya meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. Kandungan enzim dalam ekoenzim membantu melarutkan nutrisi dalam POC, sehingga lebih mudah diserap oleh pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme yang terkandung dalam POC limbah tahu dan ekoenzim membantu mengurai bahan organik dalam media tanam sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman dan mendukung pertumbuhan daun yang optimal.

Berat Basah Tanaman

Hasil berat basah bayam merah dengan nutrisi pupuk organik cair limbah tahu dan ekoenzim menunjukkan perbedaan nyata, dengan perbandiran rata-rata berat lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol).

Tabel 4.4 Parameter berat basah tanaman dengan pengaruh pemberian POC limbah tahu pada 4 MST

Perlakuan	Rerata	P = Value
K0 (Kontrol)	5,500[a]	
K1 (45 % POC)	5,560[a]	000
K2 (1 ml ekoenzim)	3,840[a]	
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim)	10,500[b]	

Keterangan :Angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan perlakuan nutrisi POC limbah tahu berpengaruh signifikan terhadap berat basah tanaman. Tinggi tanaman dan jumlah daun turut mempengaruhi berat basah tanaman, di mana pertumbuhan keduanya memberikan dampak signifikan. Ketersediaan unsur hara yang mencukupi mendukung kelancaran proses fotosintesis, sehingga hasil fotosintesis (asimilat) dapat didistribusikan ke seluruh bagian tanaman. Proses ini pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan bobot segar tanaman. Terjadinya peningkatan bobot berat tanaman berhubungan dengan jumlah helai daun yang lebih banyak. Kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam POC limbah tahu mendukung pembentukan jaringan tanaman, terutama daun dan batang, yang menyumbang berat utama.

Berat basah tanaman bayam merah dengan nilai tertinggi didapat dari perlakuan K3 (POC limbah tahu dan ekoenzim) dengan rata-rata 10,5 gram dan perlakuan terendah K2 dengan rata-rata 3.48 gram. Hal ini diduga karena adanya kandungan hara N,P, dan K pada POC limbah tahu penting terhadap pertumbuhan tanaman. Unsur hara N berperan dalam proses fotosintesis. Sehingga semakin tinggi kandungan klorofil pada daun maka penyerapan cahaya matahari yang diterima oleh daun semakin tinggi. Ketersediaan unsur hara bagi tanaman merupakan salah satu faktor yang memengaruhi proses fisiologis tanaman. Unsur hara berfungsi sebagai sumber energi, sehingga tingkat kecukupannya sangat berpengaruh terhadap biomassa tanaman. Biomassa sendiri adalah massa bagian hidup tanaman yang mencerminkan pertumbuhan dan merupakan hasil integrasi dari berbagai peristiwa yang dialami tanaman sebelumnya. Laju pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen. Selain nitrogen, unsur hara lain seperti kalium

dan fosfor juga berperan penting dalam meningkatkan berat segar tanaman. Kalium (K) berfungsi sebagai aktivator bagi berbagai enzim yang terlibat dalam proses fotosintesis dan respirasi, sedangkan fosfor berperan dalam metabolisme yang mendukung jalannya proses fotosintesis.

Hasil analisis menggunakan ekoenzim memiliki nilai rata-rata terendah. Hal ini dapat disebabkan karena kadar N, P dan K yang sangat rendah sehingga pengaplikasiannya dengan perlakuan POC limbah tahu signifikan Unsur hara N, P, dan K berperan penting dalam mendorong pertumbuhan vegetatif, pembentukan protein, klorofil, dan asam nukleat, sehingga ketersediaannya sangat diperlukan oleh tanaman. Seperti makhluk hidup lainnya, tanaman juga membutuhkan nutrisi yang memadai untuk mendukung pertumbuhannya. Menurut penelitian Arun (2015), proses persiapan ekoenzim turut dipengaruhi oleh jenis gula yang digunakan. Secara umum, pembuatan ekoenzim memanfaatkan gula molase, namun dalam penelitian ini, gula merah digunakan sebagai bahan utama, sehingga waktu fermentasi yang dibutuhkan relatif panjang dibandingkan dengan penggunaan gula molase. Hal ini disebabkan gula molase mengandung mikroorganisme aktif sebagai sisa dari hasil produksi gula yang membantu mempercepat proses fermentasi.

4.5 Volume Akar

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap volume akar yang dianalisis melalui sidik ragam (Lampiran 5), kombinasi perlakuan POC limbah tahu dan ekoenzim menunjukkan pengaruh yang signifikan. Analisis tersebut dilakukan pada usia 4 MST, dengan rata-rata hasil yang disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Parameter volume akar dengan pengaruh pemberian POC limbah tahu pada 4 MST

Perlakuan	Rerata	P = Value
K0 (Kontrol)	2,600[b]	
K1 (45% POC)	2,300[b]	000
K2 (1 ml ekoenzim)	1,000[a]	
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim)	4,400[c]	

Keterangan :Angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukan bahwa pemberian nutrisi POC limbah tahu berpengaruh signifikan terhadap volume akar bayam merah. Perbedaan volume akar menunjukkan rata-rata yang signifikan, di mana perlakuan K3, yaitu kombinasi POC limbah tahu dengan tambahan ekoenzim, menghasilkan volume akar tertinggi dengan rata-rata 4,4 ml. Ketersediaan unsur hara yang optimal dapat meningkatkan pertumbuhan akar, sehingga berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi (Gunawan, 2019).

POC limbah cair tahu pada pengaplikasiannya mengandung unsur hara K yang berperan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar lateral sehingga mempengaruhi kemampuan tanaman bayam merah dalam menyerap air. Hal ini berpengaruh terhadap penyerapan air pada tanaman bayam merah dengan jumlah yang berbeda-beda yang selanjutnya air akan menguap. Selama proses pertumbuhan, akar mengalami pembelahan sel yang dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi yang mencukupi, terutama unsur nitrogen, fosfor, dan kalium. Panjang akar mencerminkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara. Tanaman yang kekurangan unsur hara seperti NPK akan mengalami hambatan dalam perkembangan akar, sehingga proses penyerapan nutrisi menjadi terhambat (Safitri et al., 2021).

Selanjutnya panjang akar paling rendah terjadi pada perlakuan (K2) dengan pemberian ekoenzim tanpa pemberian limbah tahu yaitu dengan rata-rata 1 ml. Pertambahan panjang akar tanaman merupakan respon terhadap ketersediaan unsur hara dan air. Kualitas ekoenzim dengan kandungan unsur hara yang rendah dimungkinkan berpengaruh terhadap hasil tumbuh tanaman bayam merah. Seperti halnya makhluk hidup lain, tanaman juga memelurkan nutrisi yang cukup dalam pertumbuhan dan perkembangannya.

Nutrisi tersebut termasuk dalam unsur hara baik mikro maupun makro. Unsur nitrogen fosfor dan kalium sangat berpengaruh terhadap proses meristem yang menyebabkan terjadinya percepatan pertumbuhan akar. Nitrogen berperan sebagai penyusun protein dan juga merangsang pertumbuhan tanaman seperti pertumbuhan batang dan akar, unsur hara fosfor berperan sebagai pengendali semua aktivitas dalam sel, membantu aslimilasi dan peran kalium sebagai pembentuk akar dan batang.

Kemampuan tanaman dalam membentuk akar dipengaruhi oleh ketersediaan cadangan nutrisi di media tanam, di mana pertumbuhan akar sejalan dengan peningkatan berat akar. Ketersediaan unsur hara yang optimal sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan akar, serta kemampuannya dalam menyerap unsur hara yang tersedia (Hamzah, 2007). Sistem perakaran yang berkembang dengan baik akan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Semakin banyak jumlah akar, semakin besar pula pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, karena akar berfungsi sebagai organ penyimpan air dan unsur hara yang kemudian didistribusikan ke seluruh bagian tanaman untuk mendukung proses metabolisme.

POC limbah tahu dan ekoenzim saling melengkapi dalam mendukung pertumbuhan tanaman. POC limbah tahu berfungsi sebagai sumber nutrisi utama, sedangkan ekoenzim berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan dan ketersediaan nutrisi melalui aktivitas enzim dan mikroorganisme.

Total Klorofil

Tabel 4.6 Parameter total klorofil tanaman bayam merah dengan pemberian POC limbah tahu pada 4 MST.

Perlakuan	Rerata	P = Value
K0 (Kontrol)	5,8000	
K1 (45% POC)	5,6000	916
K2 (1 ml ekoenzim)	5,6000	
K3 (45% POC & 1 ml ekoenzim)	5,8000	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukan perlakuan pemberian POC limbah tahu tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil total pada tanaman bayam merah. Hal ini terjadi karena kandungan pigmen tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan tumbuh dan juga faktor genetik tanaman. Tanaman memerlukan Mg dalam proses fotosintesisnya karena Mg merupakan salah satu komponen dalam klorofil. Tingginya unsur Mg yang terkandung dalam tanaman berpengaruh dalam meningkatkan kandungan klorofil yang tersimpan dalam daun sehingga diiringi dengan peningkatan hasil fotosintesis, sehingga salah satunya berdampak pada proses pertumbuhan daun (Anggraini, 2019).

Hasil analisis data secara statistika menunjukkan pemberian POC limbah tahu terhadap total klorofil bayam merah berpengaruh tidak nyata, namun bila dibandingkan dengan deskripsi tanaman sudah menunjukkan hasil yang meningkat, terlihat pada nilai rata-rata pada kontrol 6.31 mg/g dan perlakuan 6.45 mg/g dengan pemberian POC limbah tahu. Pemberian POC dengan kandungan unsur hara nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil. Ketersediaan klorofil yang memadai pada daun berpengaruh terhadap kemampuan daun dalam menyerap cahaya matahari, yang selanjutnya sejalan dengan peningkatan proses fotosintesis. Laju fotosintesis yang meningkat dipengaruhi oleh pembukaan stomata yang berlangsung secara optimal. Pembukaan stomata yang baik mendukung proses fotosintesis melalui penyerapan gas CO_2, sehingga dapat meningkatkan laju fotosintesis.

Klorofil a dan klorofil b Klorofil a dan klorofil b memiliki peran penting dalam proses

tanaman. Klorofil b berfungsi dalam pengumpulan cahaya sebagai antena fotosintetik, yang kemudian mentransfer energi tersebut ke pusat reaksi. Pusat reaksi ini terdiri dari klorofil a, di mana energi cahaya diubah menjadi energi kimia yang digunakan dalam proses reduksi fotosintesis. Kandungan klorofil pada bayam merah dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia tanaman dan jenis perlakuan pupuk yang diberikan. Selain itu bayam merah juga kaya akan antosianin, yang memberikan warna merah pada daunnya dan berfungsi sebagai antioksidan. Kandungan antosianin lebih tinggi dibandingkan kandungan klorofilnya.

Tanaman sayuran seperti bayam merah Tanaman sayuran seperti bayam merah memerlukan unsur makro, termasuk nitrogen, kalium, dan fosfor. Proses dekomposisi bahan organik akan melepaskan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Ketersediaan unsur hara tersebut mendukung kelancaran proses fotosintesis. Fotosintesis akan berlangsung optimal apabila kebutuhan unsur hara terpenuhi.

Kebutuhan unsur hara yang diperlukan tanaman seperti nitrogen, fosfor hingga kalium. Nitrogen termasuk jenis unsur hara yang berperan dalam membantu pertumbuhan vegetatif, pembentukan protein, klorofil dan asam nukleat pada tanaman. Semakin tinggi kandungan klorofil pada daun, semakin besar kemampuan daun dalam menyerap cahaya matahari. Hal ini mendukung proses fotosintesis yang lebih optimal, menghasilkan fotosintat yang berfungsi sebagai sumber energi untuk pertumbuhan tanaman. Fotosintat yang dihasilkan dari fotosintesis kemudian diubah kembali menjadi energi melalui proses respirasi dan digunakan dalam pembelahan sel, sehingga mendorong pertumbuhan tanaman yang optimal. Kalium berperan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman dan memperbaiki pengangkutan asimilat, meningkatkan kekebalan tanaman dari serangan hama dan mengatur proses pembukaan dan penutupan stomata sehingga dapat berjalan optimal untuk mengurangi komsumsi air.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan POC limbah tahu dan ekoenzim terhadap pertumbuhan bayam merah dengan sistem hidroponik, dapat disimpulkan bahwa: Pemberian POC limbah tahu terbukti meningkatkan pertumbuhan bayam merah pada sistem hidroponik. Kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam POC limbah tahu mendukung perkembangan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, serta berat basah tanaman. Perlakuan tertinggi didapat pada perlakuan dengan pemberian POC limbah tahu dan penambahan ekoenzim. Pemberian ekoenzim sebagai nutrisi hidroponik mampu meningkatkan metabolisme tanaman. Tetapi pemberian ekoenzim saja tidak menunjukkan pengaruh nyata. Ekoenzim memerlukan kombinasi nutrisi lain untuk memberikan hasil yang optimal. Kombinasi pemberian nutrisi POC limbah tahu dan ekoenzim memberikan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan kombinasi POC limbah tahu dan ekoenzim menghasilkan tinggi tanaman rata-rata 25,8 cm, jumlah daun 9,4 helai, dan luas daun 153,6 cm^2 pada akhir masa tanam. Kombinasi ini menunjukkan kombinasi positif yang sinergis, di mana ekoenzim meningkatkan ketersediaan dan penyerapan nutrisi dalam POC limbah tahu, sehingga pertumbuhan tanaman lebih optimal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya mengenai variasi dosis POC limbah tahu dengan kombinasi ekoenzim yang berbeda pada sistem hidroponik wick atau pengembangan pada sistem hidroponik lainnya. Berdasarkan hasil penelitian ini terjadi peningkatan hasil pertumbuhan tanaman bayam terbaik dengan campuran limbah tahu ini.

DAFTAR RUJUKAN

A Ahmad, H., dan Adiningsih, R. (2019). Efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan kadar bod dan tss pada limbah cair industri tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8(2), 31-38.

Aprilia, A., Wardoyo, E. R. P., dan Mukarlina, M. (2023). Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Tahu Dalam Media Hidroponik Rakit Apung Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 48(2), 225-232.

Ariani, A., Fitrasyah, S. I., Rakhman, A., Wulandari, S., dan Wulandari, N. A. (2022). Sosialisasi cookies tepung

kedelai (glicine max l.), tepung bayam (amaranthus tricolor l.) dan sari jeruk nipis (citrus aurantifolia s.) sebagai makanan alternatif penderita anemia di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 2 kota Palu. *Jurnal Dedikatif Kesehatan Masyarakat*, 3(1), 06-12.

As'ari, H., Yusepri, O., Aditya, RM, Ramadhani, MA, Perdana, MA, Manurung, SS, dan Tamrin, L. (2022). Eco-Enzym: Pemanfaatan Sampah Organik Menjadi Produk Multiguna di Desa Kampung Baru. Review Diklat: *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Pelatihan* , 6 (2), 187-192.

Azrai, M., Aqil, M., Efendi, R., Andayani, NN, Makkulawu, AT, Iriany, RN, ... dan Suwarno, WB (2023). Studi perbandingan seleksi sifat tunggal dan ganda jagung hibrida yang ditanam di daerah ekuator. *Frontiers in Sustainable Food Systems* , *7* , 1185102.

Dilla Khabilah, K., Dwiratna, S., Bafdal, N., dan Amaru, K. (2022). Karakteristik Konsumsi Energi, Air dan Nutrisi pada Budidaya Tanaman Bayam Hijau (Amaranthus Hybridus L.) Menggunakan Sistem Fertigasi Deep Flow Technique: Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia* (Indonesian Journal of Agrotech), 7(1), 77-86.

Hidayanti, L., dan Kartika, T. (2019). Pengaruh nutrisi AB Mix terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (Amaranthus tricolor L.) secara hidroponik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *16*(2), 166-175.

Hemalatha, M., dan Visantini, P. (2020). Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 716, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.

Khusni, L., Hastuti, R. B., dan Prihastanti, E. (2018). *Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan aktivitas antioksidan pada bayam merah (Alternanthera amoena Voss*.). Buletin anatomi dan fisiologi, 3(1), 62-70.

Laili, U. Z., Syah, B., dan Rahayu, Y. S. (2023). Pengaruh Berbagai Jenis Media Tanam Organik Dan Dosis Ab Mix Pada Budidaya Hidroponik Sistem Wick Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi Keriting (Brassica juncea l.) Varietas Samhong King. *JURNAL AGROPLASMA*, 10(2), 416-423.

Manurung, FS, Nurchayati, Y., dan Setiari, N. (2020). Pengaruh pupuk daun Gandasil D terhadap pertumbuhan, kandungan klorofil dan karotenoid bayam merah (Alternanthera amoena Voss.). *Jurnal Biologi Tropis* , 1 (1), 24-32.

Marian E dan Sumiyati T.(2019). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Putih (Brassica pekinensis*). Jurnal Agritop*. Vol. 17(2).

Okuputra, M. A., Faramitha, T. R., Hidayah, I., Siregar, V. N., dan Prastio, G. D. (2022). Analisis Peluang Usaha Urban Farming: Pengembangan Hidroponik di Desa Karangwidoro Kab. Malang. *Jurnal Manajemen (Edisi Elektronik),* 13(1), 15-31.

Putra, CA, Rachmadi, D., Widodo, RAR, dan Devanty, SA (2022). Pengolahan limbah cair industri tahu menjadi pupuk organik cair di Kelurahan Pakunden Kota Blitar. I-Com: *Jurnal Komunitas Indonesia* , 2 (2), 195-202.

Pramushinta, I. A. K., dan Yulian, R. (2020). Pemberian POC (Pupuk Organik Cair) Air Limbah Tempe dan Limbah Buah Pepaya (Carica papaya L.) terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.). *Journal Pharmasci*, *5*(1), 29-32.

Rahmawati, L., Salfina, S., dan Agustina, E. (2018, April). Pengaruh pemberian pupuk organik cair kulit pisang terhadap pertumbuhan tanaman selada (lactuca sativa). *Dalam Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Pendidikan (*Vol.5, No.1).

Raharjeng, A. R. P., Fatiqin, A., dan Sunarti, R. N. (2018). Sistem tanam hidroponik sayur bayam merah (Amaranthus gangeticus) dengan menggunakan limbah cair tahu sebagai nutrisi pertumbuhan. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi,* 1(1), 1-9.

Rahayu, S. P., Rahmi, D., Agustina, S., dan Widianto, T. (2004). Peningkatan mutu pupuk organik dengan penambahan unsur kalium dari limbah industri kelapa sawit dan unsur fosfor dari batuan fosfat. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, *26*(2), 28-34.

Roidah, I.S. 2014. Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik. *Jurnal Universitas tulungagung* BONOROWO, 1.No.2: 43-44

Sayow, F., dkk. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Nasional Sinta 5*, 16(2), 245-252.

Singgih, M., Prabawati, K., dan Abdulloh, D. (2019). Cocok tanam mudah dengan sistem hidroponik NFT. Jurnal Abdikarya: *Jurnal Karya Pengabdian Dosen dan Mahasiswa* , 3 (1).

Subeni, S. (2020). Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Hijau Sawi dalam Sistem Hidroponik. *Jurnal Pertanian Agros* , 22 (1), 76-83.

Sulastri, Y. S. (2024). Respon Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Terhadap Konsentrasi dan Frekuensi Ekoenzim. *Agrosustain*, 2(1), 40-45.

Susilowati, L. E., Ma'Shum, M., dan Arifin, Z. (2021). Pembelajaran tentang pemanfaatan sampah organik rumah tangga sebagai bahan baku eko-enzim. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4), 356-362.

Utami, M. M. I. P., Astuti, A. P., dan Maharani, E. T. W. (2020). Manfaat ekoenzim dari limbah organik rumah tangga sebagai pengawet buah tomat cherry. *EDUSAINTEK*, 4.

Waluyo, M. R., Nurfajriah, N., Mariati, F. R. I., dan Rohman, Q. A. H. H. (2021). Pemanfaatan hidroponik sebagai sarana pemanfaatan lahan terbatas bagi Karang Taruna Desa Limo. *IKRA-ITH ABDIMAS*, 4(1), 61-64.

Warjoto, R. E., Barus, T., dan Mulyawan, J. (2020). Pengaruh Media Tanam Hidroponik terhadap Pertumbuhan Bayam (Amaranthus sp.) dan Selada (Lactuca sativa). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan,* 20(2), 118-125.

Widarawati, R., Prakoso, B., dan Sari, M. D. (2023). Aplikasi Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (Amaranthus Tricolor L.) Pada Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Proceedings Series on Physical dan Formal Sciences*, 5, 1-7.

Wiryono, B., Sugiarta, S., Muliatiningsih, M., dan Suhairin, S. (2021, December). Efektivitas Pemanfaatan Eco Enzyme untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Sawi dengan Sistem Hidroponik DFT. In *Prosiding Seminar Nasional Pertanian* (Vol. 2, No. 1, pp. 63-68).

Wiyasihati, S. I., dan Wigati, K. W. (2016). *Potensi Bayam Merah (Amaranthus tricolor L) sebagai Antioksidan pada Toksisitas Timbal yang Diinduksi pada Mencit*. Majalah Kedokteran Bandung, 48(2), 63-67.