JIP
Jurnal Ilmiah PLATAX
Universitas Sam Ratulangi
Terakreditasi Ristekdikti No: 28/E/KPT/2019
ISSN : 2302-3589 (Online)
E_mail : jip_platax@unsrat.ac.id

Characteristics of Organic Fertilizer from Seaweed Sargassum sp. to Enhance the Growth of Caisim (Brassica juncea) Plants

(Karakteristik Pupuk Organik dari Rumput Laut Sargassum sp.. untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Caisim (Brassica juncea))

Wina Nur Octavia Utami[1], Ginanjar Pratama[1,2]*, Afifah Nurazizatul Hasanah[2]

[1]*Department of Fisheries Science, Faculty of Agriculture, Sultan Ageng Tirtayasa University, Serang, Indonesia.*
[2]*Department of Marine Science, Faculty of Agriculture, Sultan Ageng Tirtayasa University, Serang, Indonesia*

**Corresponding author:* ginanjarpratama@untirta.ac.id

Manuscript received: 19 April. 2026. Revision accepted: 29 May 2026

Abstract. The use of organic fertilizer is an alternative to support sustainable agriculture because it can improve soil quality and reduce the use of chemical fertilizers. Sargassum sp.. seaweed has the potential to be used as an organic fertilizer because it contains nutrients and plant growth hormones. This study aims to determine the characteristics of organic fertilizer derived from Sargassum sp.. This study used a Completely Randomized Design with four treatments and three replications, namely W0 (100 mL commercial fertilizer), W1 (90 mL liquid fertilizer Sargassum sp..), W2 (100 mL liquid fertilizer Sargassum sp..), and W3 (110 mL liquid fertilizer Sargassum sp..). The fertilizer was produced through fermentation of Sargassum sp.. The results showed that the liquid organic fertilizer produced a yield of 277.33%, pH 3.36–3.57, and nitrogen content of 0.03%. The W0 treatment resulted in the best growth compared to Sargassum sp.. organic fertilizer. The low nitrogen content and acidic pH are thought to affect the effectiveness of the fertilizer on plant growth. In conclusion, organic fertilizer Sargassum sp.. has the potential to be an environmentally friendly fertilizer alternative, but optimization of the fermentation process and fertilizer formulation is still needed.

Keywords: caisim, organic fertilizer, Sargassum sp..

Abstrak. Penggunaan pupuk organik merupakan salah satu alternatif dalam mendukung pertanian berkelanjutan karena dapat meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi penggunaan pupuk kimia. Rumput laut *Sargassum sp.*. berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung nutrisi dan hormon pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik pupuk organik yang berasal dari Sargassum sp.. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan, yaitu W0 (100 mL pupuk komersial), W1 (90 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.), W2 (100 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.), dan W3 (110 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.). Pupuk tersebut diproduksi melalui fermentasi Sargassum sp.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik cair menghasilkan rendemen sebesar 277,33%, pH 3,36–3,57, dan kadar nitrogen 0,03%. Perlakuan W0 menghasilkan pertumbuhan terbaik dibandingkan dengan pupuk organik *Sargassum sp.*. Kandungan nitrogen yang rendah dan pH yang masih asam diperkirakan memengaruhi efektivitas pupuk terhadap pertumbuhan tanaman. Kesimpulannya pupuk organik *Sargassum sp.*. berpotensi sebagai alternatif pupuk yang ramah lingkungan, tetapi optimasi proses fermentasi dan formulasi pupuk masih diperlukan.

Kata kunci: Caisim, Pupuk Organik, *Sargassum sp*

PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk organik menjadi salah satu pendekatan penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian berkelanjutan karena berperan dalam memperbaiki kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Rachma dan Umam, 2021). Pupuk ini tersedia dalam dua bentuk, yaitu cair dan padat, dan keduanya mengandung unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh secara optimal (Zebua *et al.*, 2025). Penggunaan pupuk kimia seperti urea dan *triple super phospat* (TSP) dan lainnya yang secara berlebihan justru menyebabkan tanah menjadi keras dan memicu eutrofikasi di lingkungan perairan, yaitu pengkayaan zat hara yang mendorong peledakan populasi gulma air dan pendangkalan sungai (Ariyunita *et al.* 2022). Pupuk organik yang mudah diperoleh, misalnya dari rumput laut *Sargassum sp.*. termasuk tumbuhan yang dapat ditemukan di daerah pesisir dan mengandung alginat, iodin, dan senyawa aktif yang dimanfaatkan di industri serta bersifat antibakteri, antivirus, dan antijamur (Pakidi dan Suwoyo, 2017). Kandungan lainnya berbagai unsur hara yang mendukung pertumbuhan dan ketahanan tanaman, terdiri dari unsur makro seperti nitrogen, karbon, magnesium, kalium, fosfor, dan sulfur, serta unsur mikro seperti yodium, besi, seng, tembaga, selenium, dan mangan (Dibisono

et al. 2022). Beberapa studi kasus pupuk rumput laut *Sargassum sp.*. telah dilakukan, seperti penelitian Mual *et al.* (2024) yang menunjukkan pupuk padat 300 g dari rumput laut *Sargassum sp.*. mampu meningkatkan pertumbuhan kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) secara signifikan secara statistik. Pada penelitian Putra *et al.* (2022) pupuk organik cair rumput laut cokelat (*Sargassum sp.*.) dengan penambahan enzim protease 3% lebih efektif meningkatkan C-organik, nitrogen, fosfor, dan kalium. Oleh karena itu pendekatan selama penelitian menggunakan metode pupuk padat organik.

Pupuk organik cair (POC) dan pupuk padat organik berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta meningkatkan fotosintesis, penyerapan nitrogen, dan kekuatan tanaman (Yamin *et al.* 2019). POC seperti limbah cucian beras dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, namun mudah tercuci dan penguapan sehingga kurang stabil dibandingkan pupuk organik padat yang lebih tahan di media tanam (Hairuddin *et al.* 2018). Penggunaan pupuk organik padat dalam sektor pertanian mampu mengurangi limbah, serta memperbaiki kualitas tanah melalui penyediaan unsur hara. Proses fermentasi membantu menguraikan bahan organik sehingga nutrisi lebih mudah diserap tanaman dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Dewi *et al.* 2024). Kualitasnya dipengaruhi oleh pH, suhu, dan komposisi bahan, serta penggunaan mikroorganisme lokal yang dapat mempercepat dekomposisi dan meningkatkan kandungan nutrisi (Setyoningrum dan Nisa, 2024).

Caisim (*Brassica juncea* L.) merupakan sayuran yang banyak digunakan sebagai bahan pangan dan memiliki permintaan yang terus meningkat seiring pertambahan penduduk (Fitriani *et al.*, 2024). Produksi nasional mencapai 7.606.082 kuintal pada tahun 2017-2022 (Badan Pusat Statistik, 2022). Sayuran caisim banyak sekali kandungannya seperti vitamin B, vitamin C, protein, karbohidrat, lemak, Ca, Fe dan P sehingga banyak diminati dan disukai (Devi *et al.* 2023). Salah satu faktor kelemahan penanaman yaitu saat pemberian jenis pupuk, dalam penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menurunkan kualitas tanah sehingga berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman, sehingga pada penelitian ini diperlukan inovasi pemupukan untuk meningkatkan efisiensi hara dan mengurangi kehilangan nutrisi di dalam tanah.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan yaitu *Sargassum sp.*., bahan lain yang digunakan dalam penelitian berupa Na-alginat, benih caisim, EM4, gula merah, kalsium laktat, dan akuades. Sedangkan untuk bahan pengujian yaitu H_2SO_4 0,1 N, indikator Phenolphthalein (PP), NaOH 40%, Indikator Conway dan H_3BO_3 1%. Alat yang digunakan pada penelitian berupa, beaker glass, timbangan analitik (Vanstar, China), spatula, spuit, *hand blander*, pH, botol kaca, sekop, meteran (Krisbow), pisau, jerigen, label, dan saringan.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kali pengulangan, 1 faktor yaitu konsentrasi filtrat hasil fermentasi *Sargassum sp.*. yang digunakan dalam proses pembuatan pupuk padatan dengan Na-alginat. Terdapat empat tingkat perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali, sehingga total terdapat 12 unit percobaan. Perlakuan yang digunakan yaitu

W0 : 100 mL pupuk cair komersil
W1 : 90 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.
W2 : 100 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.
W3 : 110 mL pupuk cair *Sargassum sp.*.

Perlakuan kontrol (W0) menggunakan pupuk komersial sesuai dosis rekomendasi

penggunaan produk, yaitu 100 mL. Perlakuan W1, W2, dan W3 menggunakan pupuk padat berbahan dasar *Sargassum sp*... Variasi perlakuan ditentukan berdasarkan volume pupuk cair *Sargassum sp*.. sebelum proses pupuk padatan, yaitu 90 mL, 100 mL, dan 110 mL yang mengacu pada penelitian Resniati (2018).

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan software SPSS versi 21 dan Microsoft Excel. Data dianalisis melalui uji normalitas dan homogenitas. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji parametrik (ANOVA), sedangkan data yang tidak normal dianalisis menggunakan uji nonparametrik Kruskal-Wallis. Jika hasil menunjukkan perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney pada taraf kepercayaan 95%.

Prosedur Pembuatan Pupuk

Preparasi *Sargassum sp.*.

Prosedur pembuatan mengacu pada penelitian Meriatna *et al.*, (2018) dengan modifikasi yaitu, *Sargassum sp.*. dibersihkan menggunakan air guna menghilangkan kotoran seperti lumpur, pasir, cangkang kerang, dan zat asing lain yang menempel pada bagian talus. Selanjutnya *Sargassum sp.*. dipotong kecil menggunakan pisau. Potongan tersebut kemudian ditimbang 500 g dan dimasukkan ke dalam jerigen, kemudian ditambahkan EM4 30 mL dan gula merah 300 gram, lalu ditambahkan air sebanyak 1,5 liter. Proses fermentasi berlangsung selama 14 hari, dengan pengadukan dilakukan setiap hari. Setelah dua minggu, larutan disaring dan hasil rendamannya dimanfaatkan sebagai pupuk cair.

Fermentasi Pupuk Organik *Sargassum sp.*.

Campuran *Sargassum sp*.., EM4, gula merah, dan air yang telah dimasukkan ke dalam jerigen kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya, campuran difermentasi secara anaerob dengan menutup rapat jerigen selama 14 hari pada suhu ruang. Selama proses fermentasi dilakukan pengadukan secara berkala untuk membantu pemerataan mikroorganisme dan mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Setelah proses fermentasi selesai, hasil fermentasi untuk memisahkan filtrat dan ampas sehingga diperoleh pupuk organik cair yang siap digunakan untuk tahap pengujian selanjutnya (Henggu *et al.* 2022).

Pembuatan Pupuk Padatan

Pembuatan pupuk padatan mengacu pada penelitian Resniati, (2018); Astar dan Sari (2022) dengan modifikasi yaitu diawali dengan mencampurkan pupuk cair *Sargassum sp*.. sebagai bahan aktif ke dalam larutan bahan alginat. Alginat dan pupuk cair *Sargassum sp*.. yang sudah diukur sesuai dengan perlakuan masing-masing, setelah itu dicampur. Campuran dihomogenkan menggunakan *hand mixer* selama 5 menit. Setelah itu, masing-masing larutan dimasukkan ke dalam cetakan bulat dan rendam ke dalam larutan kalsium laktat 20 gram yang sudah larut akuades sebanyak 3 liter, perendaman dilakukan selama ± 5 jam. Berikut formulasi pembuatan pupuk padatan yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi sediaan pupuk padatan

Bahan	Formulasi		
	W1	**W2**	**W3**
Pupuk *Sargassum sp.*.	90 mL	100 mL	110 mL
Na-Alginat	4 gram	4 gram	4 gram

Rendemen Fermentasi

Analisis rendemen dilakukan untuk mengetahui berat awal utuh sampel *Sargassum sp*.. dan ditimbang hasil akhir cairan fermentasinya untuk mengetahui jumlah cairan fermentasi

pupuk tersebut, yang mengacu pada penelitian Julizar *et al.* (2022) sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{Berat\ hasil\ fermentasi}{Berat\ sampel} \text{ X } 100\ \%$$

Uji pH Pupuk Cair

Pengujian pH dilakukan pada pupuk cair sebelum dijadikan pupuk padatan yang mengacu pada penelitian Setyaningrum *et al.* (2024) Sebanyak 10 mL pupuk cair dicampur dengan 25 mL akuades, lalu diaduk dan didiamkan sampai warnanya tercampur rata. Kemudian diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan buffer, pH yang baik minimum 4-9 yang mengacu pada SNI 06-6989.11-2004.

Uji Kadar Nitrogen

Pengujian kadar nitrogen dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur N pada pupuk *Sargassum sp.*. mengacu pada penelitian Ramadhanty *et al.* (2024) dengan modifikasi. Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, ditambahkan 15 mL H_2SO_4 pekat, lalu didestruksi pada suhu 350°C selama ±2 jam hingga jernih dan didinginkan. Larutan kemudian diencerkan hingga 100 mL. Sebanyak 10 mL larutan didistilasi dengan penambahan indikator fenolftalein dan NaOH 40% hingga berwarna merah. Destilat ditampung dalam 50 mL H_3BO_3 1% yang mengandung indikator Conway. Setelah diperoleh ±100 mL destilat, larutan dititrasi menggunakan H_2SO_4 0,1 N hingga titik akhir.

Parameter Tanaman

Uji pH Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman pada tanah sebelum dan setelah diberikan pupuk, pengamatan dilakukan disetiap 1 minggu sekali sampai panen menggunakan alat *Soil Moisture* dengan menempelkan bagian pengukur ke tanah. pH yang ideal berkisar antara 6 - 7 (SNI 19-7030-2004).

Jumlah Daun

Jumlah daun didapatkan dengan cara menghitung total keseluruhan jumlah daun per tanaman. Pengamatan jumlah daun tanaman dilakukan pada saat tanaman bertumbuh dan dihitung setiap 1 minggu (Bannepadang *et al.* 2022).

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan variabel yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan vegetatif tanaman. Pengukurannya yaitu dari permukaan tanah sampai pada pucuk tanaman (Bannepadang *et al.* 2022).

Lebar Daun

Pengukuran lebar daun dilakukan menggunakan meteran. Pengukuran lebar daun dilakukan setiap seminggu sekali sampai panen (Oktabriana, 2017).

Bobot segar

Bobot segar tanaman diperoleh dengan cara menimbang semua bagian tanaman, kecuali akar tanaman, dan dinyatakan dalam (gram)/tanaman (Bannepadang *et al.* 2022).

Analisis data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan software SPSS versi 21 dan Microsoft Excel. Data dianalisis melalui uji normalitas dan homogenitas. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji parametrik (ANOVA), sedangkan data yang tidak normal dianalisis menggunakan uji nonparametrik Kruskal-Wallis. Jika hasil menunjukkan perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney pada taraf kepercayaan 95%..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Fermentasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai rendemen sebesar 277,33%, yang menunjukkan adanya peningkatan jumlah produk akhir dibandingkan bahan awal. Kondisi ini terjadi karena adanya penambahan bahan cair seperti air, molase dan aktivator selama proses fermentasi sehingga meningkatan volume dan berat produk akhir. Pada penelitian Putra *et al.*, (2022), rendemen POC rumput laut *Sargassum sp.*. dengan penambahan enzim protease 3% dan lama fermentasi 10 hari menghasilkan rendemen sebesar 58,25%. Perbedaan hasil tersebut diduga dipengaruhi oleh lama fermentasi, komposisi bahan, serta proses penguraian selama fermentasi yang meningkatkan fraksi cair dan senyawa terlarut sehingga rendemen menjadi tinggi. Namun, tingginya rendemen tidak selalu menunjukkan tingginya kandungan nitrogen, karena kemungkinan produk yang dihasilkan lebih banyak mengandung udara atau air dan senyawa organik terlarut dibandingkan unsur hara nitrogen (Hidayat *et al.*, 2018).

Peningkatan rendemen juga dipengaruhi oleh lamanya proses fermentasi dan kondisi lingkungan selama berlangsungnya proses. Waktu fermentasi yang lebih panjang memungkinkan bahan organik terdekomposisi secara lebih optimal (Firdaus dan Rizqiati 2019). Kondisi lingkungan seperti suhu juga dapat memengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses penguraian tersebut menyebabkan komponen bahan lebih banyak terlarut sehingga rendemen yang dihasilkan meningkat. Menurut Moho dan Nurhayati, (2025) suhu fermentasi berada dalam rentang 26–28°C yang merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme fermentatif.

pH Pupuk Cair

Pengujian pH pupuk cair organik (POC) dari *Sargassum sp.*. berdasarkan hasil analisis pada parameter pH menggunakan *oneway* ANOVA didapatkan bahwa $P < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dengan keterangan adanya perbedaan nyata pada waktu fermentasi terhadap pH pupuk cair *Sargassum sp.*, hasil pengujian rata-rata nilai pH pada hari ke-0 didapatkan 3,57 dan di hari ke-14 dengan nilai 3,36. Berikut hasil dari pengujian pH disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata hasil pengujian pH

Parameter	Rata-rata pH (± SD)
Hari 0	$3,57 \pm 0,02^{a}$
Hari 14	$3,36 \pm 0,03^{b}$

Berdasarkan tabel tersebut, nilai pH mengalami penurunan dari awal hingga akhir proses fermentasi. Nilai pH yang diperoleh masih belum memenuhi standar SNI 06-6989.11-2004, yang menetapkan kisaran pH pupuk organik cair yang baik berada pada rentang 4–9. Penurunan ini menunjukkan meningkatnya keasaman akibat aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan asam organik. Semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak senyawa asam yang terbentuk sehingga pH cenderung menurun (Sulfianti *et al.*, 2021). Lama fermentasi pada *Sargassum sp.*. berpengaruh terhadap perubahan kondisi kimia bahan akibat aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi (Ulviani *et al.*, 2024). Nilai pH < 7 bersifat asam karena ion H^+ lebih dominan, sedangkan pH > 7 bersifat basa karena ion OH^- lebih dominan. Semakin tinggi kandungan asam, maka nilai pH akan semakin rendah (Basmal *et al.* 2017).

Hasil penelitian menunjukkan pupuk cair masih beraroma asam, berwarna kuning, dan cukup pekat sehingga menandakan fermentasi belum optimal. Sulfianti *et al.* (2021) menyatakan bahwa kondisi asam terjadi akibat aktivitas bakteri *Lactobacillus* sp. yang

menghasilkan asam laktat. Proses dekomposisi dan fermentasi yang baik ditandai oleh perubahan warna menjadi lebih gelap, aroma khas fermentasi yang tidak menyengat, serta tekstur cair yang merata dan tidak terlalu pekat (Afa *et al.,* 2024). Kondisi ini juga berkaitan dengan kestabilan pH dan ketersediaan unsur hara yang berpengaruh terhadap kualitas pupuk organik cair.

Kadar Nitrogen

Hasil penelitian menunjukkan kandungan nitrogen pada pupuk organik cair sebesar 0,03%, yang tergolong relatif rendah. Hal tersebut masih jauh dari standar yang ditentukan oleh Permentan No. 2261/KPTS/SR.310/M/4/2019 sebesar 2-6% (w/v). Meskipun rendahnya nitrogen yang diperoleh masih dibawah standar akan tetapi berfotensi memberian manfaat sebagai tamabahan unsur hara, namun diperlukan optimasi proses produksi, bahan baku maupun fermentasi agar kandungan nitrogen dapat ditingkatkan dan memenuhi standar mutu yang berlaku. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kurniati *et al.*, (2018) yang menjelaskan bahwa penambahan enzim protease dapat meningkatkan kandungan nitrogen karena protein terurai menjadi asam amino yang lebih mudah terlarut. Kondisi ini menunjukkan bahwa hasil nitrogen yang rendah pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan proses pengolahan sehingga pelepasan unsur hara belum maksimal.

Faktor proses seperti suhu dan lama fermentasi juga berpengaruh terhadap pelepasan unsur N dari bahan baku, di mana waktu yang lebih lama dapat meningkatkan jumlah nitrogen yang terlarut dalam larutan (Basmal *et al.*, 2017). Pada penelitian Hidayat *et al.*, (2024) menyatakan bahwa lama fermentasi memberikan pengaruh terhadap kandungan nitrogen, di mana pada fase awal fermentasi aktivitas mikroorganisme masih terbatas karena berada pada tahap adaptasi sehingga perubahan nitrogen belum signifikan. Peningkatan kandungan nitrogen umumnya terjadi pada waktu fermentasi yang lebih lama ketika mikroorganisme mulai aktif menguraikan bahan organik secara optimal.

Rendahnya kandungan nitrogen pada pupuk organik cair diduga terjadi karena banyak nitrogen yang terlepas ke udara selama proses pembuatannya (Kusuma dan Kastalani, 2020). Pada tahap awal, penambahan zat hara dan mikroba dapat meningkatkan kadar nitrogen karena mikroorganisme mulai berkembang dengan cepat, jumlah mikroorganisme tersebut terus bertambah selama proses fermentasi berlangsung. Nuruddin dan Nopriani, (2025) menyatakan bahwa faktor nitrogen rendah disebabkan karena tidak adanya penambahan sumber nitrogen serta jenis mikroorganisme yang kurang efektif dalam menguraikan senyawa kompleks, sehingga pelepasan nitrogen tidak maksimal dan nilainya menjadi rendah.

Parameter Tanaman

Pengamatan dilakukan dari Minggu Setelah Tanam (MST) 0 hingga MST 5 untuk mengetahui perkembangan pertumbuhan tanaman pada setiap perlakuan. Seluruh tanaman menunjukkan peningkatan pertumbuhan yang ditandai dengan bertambahnya ukuran tanaman dan jumlah daun. Perbedaan pertumbuhan secara visual terlihat pada masing-masing perlakuan. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis pupuk yang diberikan. Kandungan unsur hara pada pupuk berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Secara keseluruhan tanaman menunjukkan pertumbuhan yang relatif baik selama masa pengamatan. Berikut gambar hasil pengamatan pertumbuhan tanaman caisim pada perlakuan pupuk anorganik dan organik disajikan pada Tabel 3.

pH Tanah

Pengujian pH tanah berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pada 0 MST seluruh perlakuan (W0, W1, W2, dan W3) tidak berbeda nyata dengan nilai pH berkisar antara 6,16–

6,50. Berdasarkan uji statistik, perbedaan nyata (P<0,05) hanya terjadi pada 1 MST, di mana nilai signifikansi sebesar 0,023. Pada waktu tersebut, perlakuan W3 menunjukkan nilai pH terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Sementara itu, pada 2 MST hingga 5 MST tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan (P>0,05), meskipun secara numerik terjadi fluktuasi nilai pH pada masing-masing perlakuan. Berikut data yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Pertumbuhan tanaman caisim

Perlakuan	MST 0	MST 1	MST 2	MST 3	MST 4	MST 5
W0						
W1						
W2						
W3						

Berdasarkan tabel tersebut, perubahan pada setiap pengamatan dan perlakuan menunjukkan adanya respon pH tanah terhadap perlakuan yang diberikan. Nilai pH tanah berkisar antara 5,00–6,50 yang termasuk agak asam hingga mendekati netral, sehingga masih sesuai untuk pertumbuhan caisim. Kisaran ini mendekati pH optimum caisim yaitu 6 - 7 (SNI 19-7030-2004). Kondisi pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena memicu munculnya unsur toksik serta mengganggu penyerapan hara (Septiyani 2019). pH tanah yang mendekati netral lebih menguntungkan karena mampu menjaga ketersediaan unsur hara sekaligus mendukung aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Juliansyah *et al.*, 2021).

Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi tanah dapat mengalami perubahan seiring waktu akibat proses yang terjadi di dalam tanah. Pada penelitian Hasibuan dan Afrianti (2020), menjelaskan bahwa nilai pH tanah tidak hanya menunjukkan tingkat kemasaman atau kebasaan

tanah, tetapi juga berkaitan dengan ketersediaan unsur hara, aktivitas biologi tanah, serta dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kandungan bahan organik, bahan induk, curah hujan, tekstur tanah, dan keberadaan ion H^+, Al^{3+}, serta OH^- dalam larutan tanah.

Tabel 4. Nilai rata-rata hasil pengujian pH tanah

Perlakuan	Pengamatan					
	0 MST	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
W0	6,50 ± 0,00	6,33 ± 0,29 [a]	6,00 ± 0,50	6,00 ± 0,50	5,83 ± 0,76	6,00 ± 0,50
W1	6,50 ± 0,50	5,66 ± 0,28 [ab]	5,66 ± 0,28	5,16 ± 0,28	5,83 ± 0,28	6,00 ± 0,00
W2	6,33 ± 0,28	5,16 ± 0,28 [b]	5,33 ± 0,57	5,33 ± 0,28	5,83 ± 0,28	6,16 ± 0,57
W3	6,16 ± 0,28	5,00 ± 0,00 [c]	5,00 ± 0,00	5,50 ± 0,50	5,50 ± 0,00	6,33 ± 0,28

*keterangan: adanya notasi menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Jumlah Daun

Pengujian jumlah daun berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pada 0 MST hingga 4 MST seluruh perlakuan W0, W1, W2, dan W3 tidak berbeda nyata dengan nilai signifikansi P>0,05 (H0 diterima). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan yaitu, pada awal pengamatan jumlah daun relatif hampir sama di semua perlakuan, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai tertinggi pada minggu ke-5. Pada perlakuan W0 dan W1 menunjukkan jumlah daun tertinggi pada akhir pengamatan (9 helai), diikuti oleh W2 (8 helai), sedangkan W3 menunjukkan nilai yang lebih rendah (6 helai). Berikut data jumlah daun yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengamatan jumlah daun

Perlakuan	Pengamatan					
	0 MST	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
W0	5 ± 1,53	5 ± 1,53	5 ± 0,58	5 ± 0,58	7 ± 1,15	9 ± 1,00
W1	5 ± 0,58	4 ± 0,00	5 ± 0,58	5 ± 1,00	6 ± 1,53	9 ± 0,00
W2	4 ± 1,00	4 ± 1,53	5± 0,58	5 ± 0,58	7 ± 1,00	8 ± 2,51
W3	4 ± 0,00	4 ± 1,00	5 ± 0,58	5 ± 0,58	7 ± 1,15	6 ± 0,00

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa rata-rata jumlah daun pada setiap perlakuan mengalami peningkatan dari waktu ke waktu dengan pola yang relatif sama. Hasil tersebut berkaitan dengan rendahnya kandungan unsur hara, terutama nitrogen, sedangkan nilai nitrogen pada penelitian mendapatkan hasil yang rendah sehingga belum mampu mendukung pertumbuhan vegetatif secara optimal. Jumlah daun dengan nilai tertinggi pada penelitian Pangaribuan *et al.,* (2023) sebesar 13 helai dengan perlakuan nutrisi AB Mix 75% + POC rumput laut 25%. Sedangkan pada penelitian ini tidak adanya tambahan nutrisi lain saat pemupukan tanaman, sehingga nilai yang didapat masih bernilai kecil.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian Wijayanti *et al.,* (2019) yang menjelaskan bahwa laju fotosintesis pada tanaman dipengaruhi oleh banyaknya klorofil pada daun, karena salah satu faktor pembentukan klorofil adalah ketersediaan unsur hara nitrogen sebagai bahan baku utama penyusun asimilat. Faktor lainnya yaitu pada pemberian dosis pupuk dan seringnya diaplikasikan maka akan berpengaruh pada kesehatan tanaman (Kristanto dan Aziz 2019).

Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis pada parameter tinggi tanaman menggunakan uji Kruskal-Wallis didapatkan bahwa P>0,05 (H0 diterima) dengan keterangan tidak adanya perbedaan

nyata antar perlakuan terhadap tinggi tanaman caisim (*Brassica juncea*). Rata-rata tinggi tanaman pada setiap perlakuan mengalami peningkatan dari 0 MST hingga 5 MST dengan pola yang relatif sama, dengan nilai berkisar antara 5-19 cm di setiap perlakuannya. Hasil dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengamatan tinggi tanaman

Perlakuan	Pengamatan					
	0 MST	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
W0	5,83 ± 0,28	7,03 ± 0,55	8,95 ± 1,93	11,16 ± 2.09	15,70 ± 3,04	19,00 ± 2,20
W1	6,43 ± 0,95	7,17 ± 0,60	9,61 ± 0,67	12,05 ± 2,11	13,50 ± 1,04	17,16 ± 0,44
W2	5,75 ± 0,70	7,01 ± 0,10	8,05 ± 0,85	10,22 ± 1,26	13,19 ± 2,35	15,44 ± 0,75
W3	6,02 ± 0,45	6,16 ± 0,64	7,06 ± 0,77	8,89 ± 1,26	12,61 ± 1,90	16,55 ± 1,32

Pada tabel tersebut menjabarkan bahwa nilai rata-rata terendah pada hasil panen terdapat di perlakuan W2 (POC 100 mL) dalam bentuk padatan, dan mendapatkan hasil sebesar 15,44 cm. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan W0 (Pupuk kimia cair 100 mL) menghasilkan tinggi sebesar 19,00 cm. Nutrisi unsur hara mikro dan makro yang tidak mencukupi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang kurang optimal (Nurhayati *et al.*, 2024).

Penilitian Mual *et al* (2024) nilai tinggi tanaman pada perlakuan dosis pupuk rumput laut 300 g sebesar 15,52 dengan lama waktu tanam 28 hari, sedangkan pada penelitian ini dilakukan selama 35 hari. Namun pada waktu pengamatan di 28 hari nilai tersebut lebih kecil dibanding penelitian terdahulu, sehingga jika pada penelitian ini ditambahkan dosis pupuknya maka saat akhir pengamatan akan semakin besar hasilnya. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian Murniati (2023) yang menjelaskan bahwa konsentrasi pupuk organik cair yang tinggi dapat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman, tetapi konsentrasi yang terlalu rendah, tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Tabel 7. Hasil pengamatan lebar daun

Perlakuan	Pengamatan					
	0 MST	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
W0	2,63 ± 0,23	3,18 ± 0,80	6,16 ± 0,37	8,00 ± 2,61	11,10 ± 1,12	12,65 ± 0,73
W1	2,82 ± 0,55	4,28 ± 0,49	5,87 ± 0,61	8,06 ± 0,77	8,10 ± 1,44	10,10 ± 3,60
W2	2,32 ± 0,60	3,23 ± 0,73	5,00 ± 1,17	5,62 ± 0,10	8,60 ± 1,80	10,17 ± 1,22
W3	2,25 ± 0,31	3,10 ± 0,30	4,92 ± 1,60	5,86 ± 1,12	6,67 ± 1,87	9,80 ± 1,85

Lebar Daun

Hasil analisis pada parameter lebar daun menggunakan uji uji Kruskal-Wallis didapatkan bahwa P>0,05 (H0 diterima) dengan keterangan tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan terhadap lebar daun caisim (*Brassica juncea*). Pengukuran dilakukan pada daun tertua yang membuka penuh Nilai tertinggi terdapat di pupuk kimia komersil dibandingkan pupuk organik *Sargassum sp.*. pada pengukuran disetiap minggunya. Pengamatan yang dilakukan adanya peningkatan lebar daun pada masing-masing perlakuan. Hasil pengujian disajikan pada tabel 7.

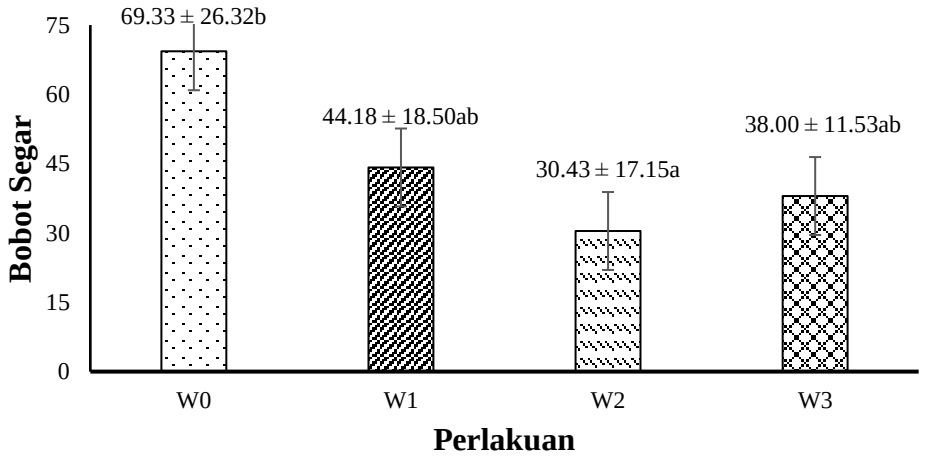
Berdasarkan hasil yang didapatkan selama pengujian lebar daun nilai rata-rata terendah disetiap pengamatan terdapat di perlakuan W1 (POC 90 mL) dalam bentuk pupuk padatan, dan mendapatkan hasil sebesar 10,10 cm. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan W0 (Pupuk kimia cair 100 mL) menghasilkan lebar daun sebesar 12,65 cm. Perbedaan hasil lebar daun menunjukkan bahwa pupuk kimia memiliki unsur hara yang lebih cepat tersedia sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman berlangsung lebih optimal (Azzahra *et al.,* 2025).

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama pengujian lebar daun nilai rata-rata terendah disetiap pengamatan terdapat di perlakuan W1 (POC 90 mL) dalam bentuk pupuk padatan, dan mendapatkan hasil sebesar 10,10 cm. Sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan W0 (Pupuk kimia cair 100 mL) menghasilkan lebar daun sebesar 12,65 cm. Perbedaan hasil lebar daun menunjukkan bahwa pupuk kimia memiliki unsur hara yang lebih cepat tersedia sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman berlangsung lebih optimal (Azzahra *et al.,* 2025).

Unsur hara dalam POC tidak langsung tersedia bagi tanaman, tetapi harus melalui proses dekomposisi dan mineralisasi oleh mikroorganisme tanah terlebih dahulu sebelum dapat diserap oleh akar (Patra *et al.,* 2023). Hal ini yang menyebabkan pertumbuhan tanaman pada perlakuan POC relatif lebih lambat pada fase awal, tetapi berpotensi memberikan efek jangka panjang terhadap peningkatan kesuburan tanah (Desmanto dan Parwito 2024). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pupuk organik cair *Sargassum sp.*. tetap mampu mendukung pertumbuhan tanaman, dengan parameter pertumbuhan yang terus meningkat hingga akhir masa pengamatan. Zulkifli *et al.,* (2022) menyatakan bahwa tanaman yang cukup mendapat suplai nitrogen akan membentuk daun yang memiliki helai yang lebih luas dengan kandungan klorofil yang lebih tinggi.

Bobot Segar

Hasil analisis bobot segar tanaman pada setiap perlakuan, terlihat bahwa perlakuan W0 menghasilkan nilai bobot segar tertinggi yaitu sebesar 69,33g dan berbeda nyata dengan perlakuan W3 yang memiliki nilai 38,00g. Sementara itu, perlakuan W1 (44,18 g) dan W2 (30,43 g) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata baik terhadap W0 maupun W3. Berikut hasil pengujian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bobot segar

Berdasarkan hasil penelitian, nilai tertinggi terdapat diperlakuan pupuk kimia dibandingkan dengan pemberian pupuk organik pupuk *Sargassum sp...* Hal ini sejalan dengan

parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun yang juga tidak berbeda nyata. Menurut Sari *et al.,* (2024), bobot segar tanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan jaringan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, kadar air, serta kandungan unsur hara dalam jaringan tanaman. Penelitian Rizkiana *et al.,* (2023) pada tanaman selada romaine menunjukkan bahwa perlakuan pupuk cair ekstrak rumput laut menghasilkan bobot segar tertinggi sebesar 110,00 g setelah fermentasi pupuk selama 20 hari dan masa tanam 5 minggu. Berbeda dengan penelitian ini yang menggunakan pupuk padat *Sargassum sp.*. dengan lama fermentasi 14 hari pada tanaman caisim. Perbedaan lama fermentasi diduga memengaruhi kandungan nitrogen yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan biomassa tanaman.

Adapun faktor lainnya yang menyebabkan pupuk organik menghasilkan nilai rendah dibandingkan pupuk kimia, yaitu bisa terjadi karena saat fermentasi pupuk organik belum sepenuhnya terurai nilai nitrogennya sehingga menghambat terhadap pertumbuhan tanaman (Malis *et al.,* 2022). Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Novianto *et al.,* (2020) yang mendukung bahwa fermentasi bahan organik menghasilkan enzim dan hormon yang meningkatkan aktivitas metabolisme. Selain faktor pupuk, kondisi lingkungan selama penelitian juga diduga memengaruhi nilai bobot segar tanaman. Penelitian yang dilakukan pada kondisi cuaca dengan intensitas cahaya dan suhu lingkungan yang cukup tinggi dapat meningkatkan laju penguapan sehingga ketersediaan air pada media tanam berkurang. Berdame *et al.,* (2024) mengatakan bahwa faktor lingkungan seperti intensitas cahaya dan ketersediaan air juga dapat memengaruhi bobot segar tanaman karena berhubungan dengan proses fotosintesis, penyerapan unsur hara, dan kandungan air dalam jaringan tanaman.

KESIMPULAN

Pada parameter pertumbuhan tanaman caisim, seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan pertumbuhan dari waktu ke waktu, namun secara statistik sebagian besar parameter seperti tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan bobot segar tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Perlakuan pupuk kimia (W0) masih memberikan hasil terbaik dibandingkan pupuk organik *Sargassum sp.*. Hal ini diduga karena rendahnya kandungan nitrogen serta belum optimalnya proses pelepasan unsur hara dari pupuk organik, sehingga belum mampu mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara maksimal.

SARAN

Perlu dilakukan optimasi pada proses pembuatan pupuk organik dari *Sargassum sp..*, seperti penambahan sumber nitrogen atau enzim, serta pengaturan lama fermentasi agar kualitas pupuk meningkat, terutama pada kandungan hara dan pH. Selain itu, penelitian lanjutan disarankan untuk menguji minimum uji N, P, K dan C- organik, sehingga efektivitasnya terhadap pertumbuhan tanaman dapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2004). Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. SNI 06-6989.11-2004. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 7 hlm.

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2004). Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. SNI 19-7030-2004. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. 10 hlm.

Afa, M, Irwansyah, I, & Junaedi, J. (2024). Uji kualitas pupuk organik cair (POC) berbahan dasar jeroan ayam menggunakan mikroorganisme lokal (MOL) dari limbah buah sebagai dekomposer. Jurnal Peternakan Tropis Tarjih, 4(2), 45-52.

Ariyunita, S, Dhokhikah, Y, & Fitria, FL. (2022). Pelatihan pengolahan limbah rumput laut

menggunakan komposter drum putar. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 6(3), 400-406.
Asmara, AP. (2022). Kajian potensi rumput laut coklat *Sargassum* sebagai bahan baku pupuk organik cair. Aminah, 4(3), 106-116.
Astar, I, & Sari, IA. (2022). Enkapsulasi urea pada lumpur PDAM-alginat sebagai pupuk lepas lambat. *Al-Kimia*, 10(1), 23-31.
Azzahra, F, Durubanua, DR, Manurung, SP, Simbolon, K, Hasan, SM, & Novira, N. (2025). Pemanfaatan limbah kulit jengkol sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik pada tanaman sawi caisim (*Brassica juncea* L.). AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian, 10(1), 47-55.
Bannepadang, AS, Nangoi, R, & Porong, JV. (2022). Teknologi pupuk organik dari bahan tanaman kipahit (*Tithonia diversifolia*) dengan menggunakan respon tanaman bayam (*Amaranthus tricolor* L.). Jurnal Agroekoteknologi Terapan, 3(1), 16-27.
Basmal, J, Chori, AS, & Nurhayati. (2017). Pemanfaatan limbah cair produksi alkali yang diolah *Sargassum* sebagai bahan baku pupuk cair. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 12(2), 133-147.
Berdame, J, Pongoh, J, Polii, MGM, Rantung, M, Saupit, P, & Sompotan, S. (2024). Pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *Parachinensis*) dengan pemberian variasi dosis pupuk kandang ayam. Jurnal Eugenia, 13(1), 1-8.
Desmanto, D, Susilo, E, & Parwito, P. (2024). Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) berbahan limbah ikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). Jurnal Sains, Teknologi, dan Pertanian, 5(1), 115-124.
Devi, YS, Mustamu, NE, Adam, DH, & Walida, H. (2023). Aplikasi pupuk organik cair dari rebung bambu pada tanaman sawi manis (*Brassica juncea* L.). Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA, 6(1), 247-252.
Dewi, SBL, Aulia, RV, & Laily, DW. (2024). Implementasi pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah pertanian menjadi pupuk organik cair di Desa Musir Lor Kabupaten Nganjuk. Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia, 4(4), 1067-1076.
Dibisono, MY, Mufriah, D, Mayly, S, & Sulistiani, R. (2022). Penggunaan pupuk organik rumput laut (*Sargassum sp.*.) dan NPK mutiara terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). Jurnal Al Ulum, 10(1), 14-24.
Firdaus, GM, & Rizqiati, H. (2019). Pengaruh lama fermentasi terhadap rendemen, pH, total padatan terlarut dan mutu hedonik kefir whey. Jurnal Teknologi Pangan, 3(1), 70-79.
Fitriani, A, Kurniasih, R, Azmi, TKK, & Usuma, MT. (2024). Pengaruh perbedaan tingkat konsentrasi nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) pada sistem aeroponik cerdas. Jurnal Agroekotek, 16(2), 19-36.
Hairuddin, R, Yamin, M, & Riadi, A. (2018). Respon pertumbuhan tanaman anggrek (*Dendrobium* sp.) pada beberapa konsentrasi air cucian ikan bandeng dan air cucian beras secara *in vivo*. Jurnal Perbal Fakultas Pertanian Universitas Cokroaminoto Palopo, 6(2), 23-29.
Henggu, KU, Djawa, RFCN, Lingga, SR, Lapu, RU, Ndihi, FR, Bureni, EN, & Nurdiasyah, Y. (2022). Pemanfaatan rumput laut merah (*Laurencia papillosa*) sebagai pupuk cair melalui perbedaan metode fermentasi. Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam, 4(2), 153-159.
Hidayat, F, Indraloka, AB, & Utami, SW. (2024). Pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium pada pupuk trichokompos kotoran hewan kambing. Prosiding NaCIA (National Conference of Innovative Agriculture), 2(1), 226-237.

Hidayat, T, Nurilmala, M, & Anwar E. (2018). Karakterisasi rumput laut tropis dari Kepulauan Seribu sebagai sumber bahan baku kosmetik. Jurnal Penelitian Kreatif, 4(2), 49-62.

Juliansyah, H, Bakar, AJ, NZA, & Hendrival, H. (2021). Upaya peningkatan pendapatan petani melalui peningkatan daya hidrogen (pH) lahan sawah di Desa Reulet Timur Kecamatan Muara Batu Kabupaten Aceh Utara. Jurnal Ekonomi Pertanian Unimal, 4(2), 1-8.

Julizar, Warsidah, Nurdiansyah, SI, Sofiana, MSJ, & Safitri, I. (2022). Aktivitas antioksidan ekstrak *Turbinaria* sp. dengan menggunakan tiga pelarut yang berbeda. Oseanologia, 1(3), 84-89.

Kristanto, D, & Aziz, SA. (2019). Aplikasi pupuk organik cair urin kelinci meningkatkan pertumbuhan dan produksi caisim (*Brassica juncea* L.) organik di Yayasan Bina Sarana Bakti, Cisarua, Bogor, Jawa Barat. Buletin Agrohorti, 7(3), 263-268.

Kusuma, ME, & Kastalani. (2020). Efektivitas berbagai sumber air sebagai pelarut terhadap kualitas pupuk organik cair (POC) dari limbah RPH. Jurnal Ilmu Hewani, 9(2), 88-93.

Malis, E, Findari, H, & Susanti, REE. (2022). Penentuan kadar nitrogen organik hasil fermentasi menggunakan starter EM4 dan PROMOL dengan metode Kjeldahl. Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya, 4(1), 25-31.

Meriatna, Suryati, & Fahri, A. (2018). Pengaruh waktu fermentasi dan volume bioaktivator EM4 (*Effective Microorganism*) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 7(1), 13-29.

Mual, CD, Wahyuni, & Widayati, O. (2024). Pengaruh pemberian pupuk organik padat rumput laut coklat terhadap pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) di Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. Jurnal Triton, 15(1), 37-46.

Murniati, A. (2023). Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) di Desa Gattareng Kecamatan Salomekko Kabupaten Bone. Jurnal Insan Tani, 2(1), 113-122.

Moho, MJ, & Nurhayati. (2025). Pengaruh konsentrasi mikroorganisme efektif 4 (EM4) pada pembuatan pupuk cair organik akar pisang (*Rhizoma musa*) terhadap waktu inkubasi. Jurnal Techlink, 9(2), 65-69.

Muslimin, & Sari, WWKP. (2017). Budidaya rumput laut *Sargassum sp.*. dengan metode kantong pada beberapa tingkat kedalaman di dua wilayah perairan berbeda. Jurnal Riset Akuakultur, 12(3), 221-230.

Nur, T, Noor, AR, & Elma, M. (2016). Pembuatan pupuk organik cair dari sampah organik rumah tangga dengan bioaktivator EM4 (*Effective Microorganisms*). Jurnal Konversi, 5(2), 44-52.

Nurhayati, N, Khairani, S, & Sembiring, J. (2024). Pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap aplikasi pupuk organik cair. Jurnal Agroplasma, 11(2), 306-310.

Nuruddin, M, & Nopriani, LS. (2025). Pengaruh waktu fermentasi serta dosis EM-4 dan molase terhadap sifat fisik dan kimia biourine kelinci. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 13(1), 119-130.

Oktabriana, G. (2017). Upaya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dengan pemberian pupuk organik cair. Agrifo, 2(1), 12-18.

Pakidi, CS, & Suwoyo, HS. (2017). Potensi dan pemanfaatan bahan aktif alga cokelat *Sargassum sp.*. Jurnal Ilmu Perikanan, 6(1), 551-562.

Pangaribuan, DH, Widagdo, S, Ginting, YC, Saputri, IP, & Fathulloh, M. (2023). Pengaruh POC rumput laut sebagai substitusi nutrisi AB mix pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) dengan sistem hidroponik. Agricultural Journal, 6(3), 608-620.

Patra, P, Jaswal, A, Singh, A, & Sarkar, S. (2023). Biology forum theoretical role of allelopathy

in weed control-a review. Biology Forum, 83, 75-83.
Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia. (2019). Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Jakarta.
Ponidi, & Rizaly, A. (2023). Pengembangan mikroba EM4 untuk fermentasi pupuk organik di Desa Carang Wulung Wonosalam. Jurnal Kreativitas dan Inovasi, 3(2), 76-80.
Putra, ZA, Dewi, EN, Purnamayati, L, & Rianingsih, L. (2022). Pengaruh penambahan enzim protease terhadap spesifikasi pupuk organik cair *Sargassum sp.*. Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology, 18(1), 47-52.
Rachma, N., dan Umam, AS. 2021. Pertanian organik sebagai solusi pertanian berkelanjutan di era new normal. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*. 1(4): 328–338.
Rahmawati, L., dan Trisnowati, E. (2025). Inovasi pupuk cair organik limbah ampas tahu dengan bioaktivator EM4 sebagai solusi pertanian berkelanjutan. Global Research and Innovation Journal, 1(3), 3368-3382.
Saputri, IP. (2022). Uji pupuk organik cair rumput laut sebagai substitusi nutrisi AB-Mix pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
Sari, A, Hasnelly, & Prastia, B. (2024). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) akibat pemberian kombinasi pupuk organik cair (POC) dan NPK. Jurnal Sains Agro, 9(1), 36-44.
Septiani, L, Tartila, SSQ., & Mujtahidah, T. (2025). Pemanfaatan pupuk organik rumput laut (*Ulva* sp.) terhadap produktivitas dan kandungan protein *Chlorella pyrenoidosa*. Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan, 6(1), 43-51.
Septiyani, E. (2019). Pengaruh karakteristik fisika dan kimia tanah terhadap pertumbuhan sawi di Desa Bahway Kecamatan Balik Bukit Kabupaten Lampung Barat. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Lampung.
Setyaningrum, D, Kasanah, U, & Anisa, Z. (2024). Analisis pH dan kadar nitrogen total menggunakan metode Kjeldahl pada pupuk organik padat. Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan, 2(2), 122-127.
Setyoningrum, RI., & Nisa, SQZ. (2024). Perbandingan pengaruh aktivator *effective microorganism* (EM-4) dan *promoting microbes* (PROMI) terhadap kualitas kompos organik di industri galangan kapal. Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan, 1(2), 9-21.
Stellawati, I. (2021). Karakterisasi planlet sawi caisim (*Brassica rapa* L.) hasil seleksi cekaman garam (NaCl) secara *in vitro*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung.
Suci, IA., & Astar, I. (2022). Enkapsulasi urea menggunakan biokomposit zeolit alam-alginat-pati sagu sebagai model pupuk lepas lambat (*slow release fertilizer*). Al-Kimia, 10(1), 1-11.
Sulfianti, Risman, & Saputri, I. (2021). Analisis NPK pupuk organik cair dari berbagai jenis air cucian beras dengan metode fermentasi yang berbeda. Jurnal Agrotech, 11(1), 36-42.
Ulviani, DN, Lumbessy, SY, & Mulyani, LF. (2024). Penambahan tepung rumput laut *Sargassum sp.*. dengan lama waktu fermentasi berbeda pada pakan komersil ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua, 7(2), 55-64.
Wahyudi, R, Wijaya, M., & Sukainah, A. (2018). Pengaruh penggunaan pupuk dari limbah rumput laut terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Jurnal Pendidikan Teknologi

Pertanian, 4, 160-169.
Widyabudiningsih, D, Fauziah, S, & Troskialina, L. (2021). Pembuatan dan pengujian pupuk organik cair dari limbah kulit buah-buahan dengan penambahan bioaktivator EM4 dan variasi fermentasi. Journal of Chemical Analysis, 4(1), 30-39.
Yamin, M, Hairuddin, R, Thamrin, NT., & Suddartik, E. (2019). Performa fenotipik varietas kapas Kanesia-10 (*Gossypium hirsutum* L.) melalui penggunaan pupuk organik cair di dataran rendah. Agrotech Journal, 4(1), 38-44.
Zebua, T, Gulo, SM., & Gulo, SS. (2025). Pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah. Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan, 2(1), 208-213.
Zulkifli, Mulyani, S, Syaputra, RS., & Agustin, L. (2022). Hubungan antara panjang dan lebar daun nenas terhadap kualitas serat daun nanas berdasarkan letak daun dan lama perendaman daun. Jurnal Agrotek Tropika, 10(2), 247-254..