



Pemanfaatan Rumput Laut dan Mangrove sebagai Pupuk Organik Cair di Desa Tesabela, Nusa Tenggara Timur

The Utilization of Seaweed and Mangrove Waste as Liquid Fertilizer in Tesabela Village, East Nusa Tenggara

Ni Putu Dian Kusuma^{1*}, Trijuliani Renda², Riris Yuli Valentine³

^{1,3} Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang, Indonesia

² Institut Agama Kristen Negeri Kupang, Indonesia

Email: ni.kusuma@kkip.go.id¹, julianirenda@gmail.com², ririssinaga.kkip@gmail.com³

*Penulis Korespondensi: ni.kusuma@kkip.go.id

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 19 Januari 2026;

Revisi: 22 Februari 2026;

Diterima: 10 Maret 2026;

Terbit: 14 Maret 2026.

Keywords: Circular Economy; Community Empowerment; Liquid Fertilizer; Mangrove; Seaweed.

Abstract. This community service program aims to empower coastal women in Tesabela Village, West Kupang District, by utilizing seaweed and mangrove waste to produce environmentally friendly liquid organic fertilizer (LOF). The main problem faced by the community is the abundance of unused seaweed processing waste and the farmers' heavy reliance on chemical fertilizers, which deteriorate soil quality and coastal ecosystems. The program was conducted in November 2024 and involved 25 female participants organized in coastal processing groups. The implementation methods included awareness sessions on waste potential, practical training in producing LOF using Sargassum, Ulva, and mangrove leaves through EM4-based fermentation for 21–28 days, and mentoring to evaluate the outcomes. The results showed a significant improvement in participants' technical skills and environmental awareness; 80% of them were able to produce LOF independently, with pH levels of 5.5–6.0 and increased nutrient contents (NPK by 0.4–0.8%). Field trials on vegetable plants indicated 25–30% higher vegetative growth compared to untreated controls. In addition to enhancing technical capacity, the program fostered the establishment of women-led microenterprises managing local LOF production and marketing. Overall, the initiative contributed to strengthening household economies, reducing organic waste, and promoting a sustainable circular economy model based on local coastal resources.

Abstrak.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberdayakan wanita pesisir di Desa Tesabela, Kecamatan Kupang Barat, melalui pemanfaatan limbah rumput laut dan mangrove menjadi pupuk organik cair (POC) ramah lingkungan. Permasalahan utama masyarakat pesisir adalah melimpahnya limbah hasil pengolahan rumput laut yang belum termanfaatkan, serta tingginya ketergantungan petani terhadap pupuk kimia yang berdampak negatif terhadap kualitas tanah dan ekosistem pesisir. Program ini dilaksanakan pada bulan November 2024 dengan melibatkan 25 orang peserta perempuan yang tergabung dalam kelompok pengolah hasil laut. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi potensi limbah, pelatihan pembuatan pupuk cair menggunakan bahan dasar Sargassum, Ulva, dan daun mangrove melalui proses fermentasi dengan EM4 selama 21–28 hari, serta pendampingan evaluatif pada hasil penerapan. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan keterampilan dan kesadaran lingkungan masyarakat; 80% peserta mampu memproduksi POC secara mandiri, dengan karakteristik kimia pH 5,5–6,0 dan peningkatan unsur hara NPK sebesar 0,4–0,8%. Aplikasi POC pada tanaman sayur menunjukkan peningkatan pertumbuhan vegetatif 25–30% dibandingkan kontrol tanpa perlakuan. Kegiatan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan keterampilan teknis, tetapi juga mendorong terbentuknya unit usaha mikro perempuan yang mengelola produksi dan pemasaran POC lokal. Secara keseluruhan, program ini berkontribusi terhadap peningkatan ekonomi rumah tangga pesisir, pengurangan limbah organik, serta penguatan praktik ekonomi sirkular berbasis sumber daya lokal yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Ekonomi Sirkular; Mangrove; Pemberdayaan Masyarakat; Pupuk Cair; Rumput Laut.

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir Desa Tesabela di Kupang Barat memiliki potensi besar dalam pengelolaan sumber daya hayati laut, khususnya rumput laut dan mangrove. Di sisi lain, akumulasi sampah/limbah pengolahan rumput laut yang belum termanfaatkan dan ketergantungan petani pada pupuk kimia memicu degradasi kualitas tanah dan risiko pencemaran air. Berbagai kajian menunjukkan bahwa ekstrak/pupuk cair rumput laut berperan sebagai biostimulan yang kaya senyawa aktif (alginat, asam fulvat, fenolik) dan fitohormon (*auksin*, *giberelin*, *sitokinin*) yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, ketahanan cekaman, dan efisiensi hara (El Boukhari *et al.*, 2020; Roupheal & Colla, 2020; du Jardin, 2015).

Secara khusus, pemanfaatan limbah cair/solid industri rumput laut sebagai pupuk organik cair (POC) melalui fermentasi terbukti meningkatkan kandungan ZPT dan unsur mikro pada produk akhir serta efektif diaplikasikan pada tanaman hortikultura (Loppies & Yumas, 2017). Ekstrak *Sargassum* sp, *Kappaphycus* sp, *Ulva* sp, dan *Gracilaria* sp dilaporkan meningkatkan vigor, pertumbuhan vegetatif, hasil, serta kualitas hasil panen melalui aplikasi semprot daun atau siram tanah (Mukherjee & Patel, 2020; Chen *et al.*, 2021; Andrihanza & Dirna, 2024).

Dalam konteks pemberdayaan, model pengelolaan limbah lokal menjadi pupuk organik cair berpotensi menambah pendapatan dan memperkuat ekonomi sirkular pesisir, khususnya ketika digerakkan oleh kelompok wanita. Hal ini sejalan dengan bukti bahwa biostimulan nabati, termasuk ekstrak rumput laut, dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara, mendukung kesehatan tanah dan sistem mikroba tanah, serta berpotensi mengurangi ketergantungan pada input kimia (El Boukhari *et al.*, 2020; Ali *et al.*, 2021). Selain itu, keterlibatan perempuan dalam rantai nilai rumput laut juga dilaporkan memberi manfaat kesejahteraan rumah tangga dan penguatan peran ekonomi, sehingga pengembangan usaha POC berbasis sumber daya pesisir relevan untuk mendukung tujuan ekonomi biru yang inklusif (Larson *et al.*, 2021; Daniella *et al.*, 2024). Oleh karena itu, program ini dirancang untuk mengonversi sampah rumput laut dan bagian mangrove terpilih menjadi POC melalui fermentasi berbasis EM4, serta menguatkan kapasitas produksi dan kewirausahaan kelompok wanita pesisir di Tesabela (Kusuma *et al.*, 2022).

2. METODE

Pelatihan menghasilkan peningkatan kemampuan teknis peserta dalam seleksi bahan baku (*Sargassum/Ulva/Spinosum*, daun mangrove terpilih), sanitasi bahan, formulasi inokulum (EM4 + larutan gula), manajemen fermentasi anaerob 3–4 minggu, serta standardisasi dosis aplikasi. Setelah siklus pendampingan, sekitar 80% peserta mampu memproduksi POC secara mandiri dan melakukan pengujian sederhana (pH, bau, warna, endapan). Hasil uji coba kebun menunjukkan kenaikan pertumbuhan tanaman sayur sebesar $\pm 25\text{--}30\%$ dibanding kontrol tanpa POC. Hal ini selaras dengan penelitian bahwa ekstrak rumput laut meningkatkan biomassa, luas daun, dan hasil pada berbagai komoditas tanaman (du Jardin, 2015; Craigie, 2011; Chen *et al.*, 2021).

Secara mekanisme, peningkatan kinerja tanaman dikaitkan dengan kombinasi efek: suplai mikronutrien dan oligoelement, peningkatan aktivitas mikroba tanah yang menguntungkan, serta modulasi ekspresi gen terkait pertumbuhan dan ketahanan (Rouphael & Colla, 2020; El Boukhari *et al.*, 2020). Produk POC rumput laut yang dihasilkan melalui fermentasi juga melaporkan kandungan ZPT lebih tinggi dibanding ekstraksi fisik biasa, sehingga lebih konsisten sebagai biostimulan (Loppies & Yumas, 2017).

Di sisi adopsi, kelompok wanita memulai prakarsa usaha kecil melalui pengemasan, penetapan label, dan uji pasar lokal yang memperlihatkan minat konsumen pada produk POC ramah lingkungan. Tantangan yang diidentifikasi meliputi ketersediaan bahan baku rumput laut yang bersifat musiman (*Sargassum* dan *Ulva*), kebutuhan prosedur operasional untuk menjaga konsistensi mutu antar batch, serta pemasaran. Peluang penguatan ke depan antara lain integrasi uji mutu sederhana (N, P, K, pH), uji efektivitas komparatif pada komoditas lokal, dan kemitraan dengan kelompok tani atau UMKM untuk memperluas pasar, sejalan dengan literatur yang menekankan bahwa efektivitas biostimulan rumput laut dipengaruhi variasi bahan baku dan proses produksi sehingga standardisasi mutu dan evaluasi kinerja lapangan menjadi kunci adopsi yang lebih luas (Ali *et al.*, 2021; Rouphael & Colla, 2020).

Kegiatan dilaksanakan pada November 2024 di Desa Tesabela dengan melibatkan kelompok wanita pesisir sebagai mitra utama. Tahapan kegiatan meliputi: (1) sosialisasi potensi limbah rumput laut dan mangrove, (2) pelatihan pembuatan pupuk cair organik (POC), (3) pendampingan fermentasi selama 3–4 minggu, dan (4) evaluasi efektivitas penerapan. Bahan utama terdiri atas rumput laut *Sargassum*, *Ulva*, dan *Spinosum*, serta daun mangrove yang difermentasi dengan EM4 dan gula pasir. Proses fermentasi dilakukan dalam wadah tertutup dan diaduk setiap dua hari untuk menjaga aktivitas mikroba.

3. HASIL

Kegiatan diawali dengan sambutan dari Ketua Majelis Jemaat GMIT Lidamanu Batubao, Pdt. Maryanti Soli Umbu Zogara, S.Th. yang menyambut baik kegiatan yang diadakan tim pengabdian Prodi Sosiologi Agama. Mewakili tim pengabdian, Drs. Yorhans S. Lopis, M.Si., menyampaikan bahwa PKM tersebut diinisiasi oleh IAKN Kupang sebagai wadah untuk para dosen agar melakukan Tridharma perguruan tinggi. Program studi Sosiologi Agama di bawah koordinator Prodi Trijuliani Renda, M.Si., melakukan langkah yang tepat dalam menyisir kebutuhan perempuan pesisir sebagai bagian dari tiang ekonomi keluarga melalui kolaborasi dengan Dosen dari Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang dalam hal ini Ibu Ni Putu Dian Kusuma, S.St.Pi., M.P.



Gambar 1. Penyuluhan tentang pemanfaatan rumput laut dan mangrove sebagai pupuk.

Materi yang dipaparkan untuk mengedukasi para perempuan pesisir adalah penyuluhan tentang potensi sampah rumput laut dan daun mangrove sebagai pupuk organik cair serta mempraktikkan kepada peserta cara membuat pupuk cair organik dari kedua bahan tersebut. Kegiatan pelatihan pembuatan pupuk cair dari limbah rumput laut dan mangrove di Desa Tesabela telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam meningkatkan kapasitas teknis dan ekonomi masyarakat pesisir, khususnya kelompok wanita. Sebagian besar peserta yang awalnya tidak memiliki pengalaman dalam pengolahan limbah kini mampu memproduksi pupuk organik cair (POC) secara mandiri. Dari total 25 peserta, sebanyak 80% telah menguasai tahapan fermentasi mulai dari pemilihan bahan, formulasi larutan gula dan EM4, hingga pengemasan produk akhir (Kusuma *et al.*, 2022). Keberhasilan ini mencerminkan bahwa kegiatan pelatihan tidak hanya mentransfer pengetahuan teknis, tetapi juga menumbuhkan rasa percaya diri dan motivasi wirausaha di kalangan perempuan pesisir.



Gambar 2. Praktik pembuatan pupuk organik cair dari rumput laut dan mangrove.

Peningkatan kapasitas tersebut berdampak langsung pada aspek sosial ekonomi masyarakat. Setelah kegiatan berlangsung, peserta mulai memanfaatkan limbah rumput laut yang sebelumnya terbuang menjadi sumber ekonomi produktif. Dampak ini sejalan dengan berbagai temuan bahwa keterlibatan perempuan dalam budidaya dan rantai nilai rumput laut berkontribusi pada pendapatan rumah tangga, kesejahteraan, dan penguatan modal sosial komunitas pesisir (Larson *et al.*, 2021; Sahidu *et al.*, 2021). Selain manfaat ekonomi, muncul pula kesadaran ekologis bahwa pengelolaan biomassa dan limbah organik yang tepat dapat menjaga kebersihan pesisir serta mengurangi risiko pencemaran, sejalan dengan kajian yang menempatkan usaha rumput laut sebagai bagian dari penghidupan pesisir yang terkait dengan keberlanjutan dan kesejahteraan komunitas (Rimmer *et al.*, 2021).



Gambar 3. Pupuk organik cair difermentasikan ke dalam jerigen.

Dampak sosial-ekonomi tersebut beriringan dengan hasil penelitian pada proses fermentasi yang berhasil menghasilkan pupuk cair berkualitas baik. Selama fermentasi 21–28 hari, bahan campuran rumput laut (*Sargassum*, *Ulva*, dan *Spinosum*) dan daun mangrove mengalami perubahan fisik yang jelas: warna menjadi coklat kehitaman, pH menurun dari 7,0 menjadi 5,5–6,0, dan aroma menjadi asam segar. Ciri-ciri ini menandakan aktivitas mikroba fermentatif yang stabil dan proses dekomposisi bahan organik yang efektif (El Boukhari *et al.*, 2020). Analisis sederhana menunjukkan bahwa kandungan nitrogen total meningkat 0,4–0,8%, sementara kadar fosfat dan kalium juga naik setelah fermentasi. Peningkatan unsur hara ini menunjukkan keberhasilan mikroorganisme dalam memecah polisakarida dan protein kompleks menjadi senyawa terlarut yang mudah diserap tanaman.

4. DISKUSI

Kandungan unsur hara yang meningkat pada POC berkaitan erat dengan keberadaan senyawa bioaktif pada rumput laut yang berfungsi sebagai biostimulan alami. Terdapat penelitian yang menjelaskan bahwa ekstrak rumput laut kaya akan fitohormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, serta senyawa polisakarida seperti alginat dan laminaran yang dapat merangsang pertumbuhan akar, memperluas daun, dan meningkatkan fotosintesis (du Jardin, 2015; Rouphael & Colla, 2020). Penelitian ini sejalan dengan hasil uji lapangan di Desa Tesabela, di mana aplikasi POC pada tanaman sayur lokal meningkatkan pertumbuhan vegetatif hingga 25–30% dibanding kontrol tanpa perlakuan. Fakta tersebut memperkuat pandangan bahwa pupuk cair hasil fermentasi bukan sekadar sumber hara, tetapi juga pengatur pertumbuhan alami yang berperan ganda sebagai nutrisi sekaligus stimulan fisiologis tanaman.

Efek biostimulasi ini menjadi semakin kuat ketika fermentasi melibatkan kombinasi bahan dari daun mangrove. Daun mangrove mengandung lignoselulosa dan tanin yang selama fermentasi terurai menjadi senyawa nitrogen organik dan fosfat terlarut (Zhang & Laanbroek, 2018). Kehadiran senyawa bioaktif pada daun mangrove tidak hanya meningkatkan kandungan hara pada pupuk, tetapi juga berpotensi memberikan efek antimikroba ringan yang dapat membantu menekan pertumbuhan mikroba patogen pada media tanam (Pertiwi *et al.*, 2024). Dengan demikian, perpaduan bahan rumput laut dan mangrove menghasilkan POC yang tidak hanya berfungsi sebagai pupuk, tetapi juga berpotensi sebagai bio-protektan ramah lingkungan bagi tanaman hortikultura.

Hubungan antara proses fermentasi dan peningkatan aktivitas biologis pupuk cair ini dapat dijelaskan melalui mekanisme biokimia yang lebih dalam. Selama fermentasi,

mikroorganisme seperti *Lactobacillus* sp, *Saccharomyces* sp, dan bakteri fotosintetik memecah molekul kompleks menjadi asam amino, vitamin, serta asam organik yang meningkatkan ketersediaan hara (Zhao *et al.*, 2020; Battacharyya *et al.*, 2020). Proses ini memicu pembentukan oligosakarida yang bertindak sebagai sinyal biostimulasi, meningkatkan aktivitas enzim tanaman seperti peroksidase dan fenilalanin amonia-liase yang penting untuk pertumbuhan dan ketahanan terhadap stres abiotik (Rouphael & Colla, 2020). Akibatnya, tanaman yang diberi POC hasil fermentasi menunjukkan sistem perakaran yang lebih baik dan resistensi terhadap kekeringan, sebagaimana dilaporkan oleh Nanda *et al.* (2021) pada uji ekstrak *Ascophyllum nodosum*.

Keterkaitan mekanisme biostimulasi ini dengan hasil empiris di Desa Tesabela menegaskan bahwa POC rumput laut dan mangrove berfungsi multifungsi: memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroba menguntungkan, serta memacu pertumbuhan tanaman. Beberapa penelitian seperti Hariyadi *et al.* (2020) dan Abror & Alhaq (2017) juga mendukung hasil tersebut dengan menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik padat dan cair dapat meningkatkan pertumbuhan cabai hingga 28% dan memperbaiki C/N rasio tanah menjadi lebih seimbang. Di sisi lain, penelitian du Jardin (2015) dan El Boukhari *et al.* (2020) menegaskan bahwa ekstrak alga yang difermentasi memiliki kandungan hormon pertumbuhan hingga 25% lebih tinggi dibanding ekstrak non-fermentasi, menjadikan metode fermentasi seperti yang diterapkan di Desa Tesabela sebagai pendekatan yang efektif dan efisien.

Keberhasilan teknis ini kemudian membuka peluang sosial-ekonomi baru bagi peserta pelatihan. Setelah tahap pendampingan, diharapkan kelompok wanita dapat memproduksi dan menjual POC dalam kemasan sederhana di pasar lokal. Langkah ini meniru praktik kewirausahaan berbasis teknologi berkelanjutan yang telah berkembang di komunitas pesisir Asia Tenggara, di mana inovasi dan pengembangan bisnis lokal mendorong pertumbuhan ekonomi sekaligus pengelolaan sumber daya alam secara lebih berkelanjutan (Surni *et al.*, 2024). Melalui pendekatan ekonomi sirkular, limbah yang sebelumnya tidak bernilai kini menjadi komoditas bernilai ekonomi, sekaligus memperkuat ketahanan ekonomi rumah tangga pesisir.

Namun, di balik peluang tersebut, terdapat sejumlah tantangan implementatif. Produksi POC sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku rumput laut yang bersifat musiman, serta pada keberlanjutan fermentasi yang memerlukan pemantauan pH dan suhu agar tidak gagal. Tantangan lain adalah belum adanya standar mutu produk yang mencakup kadar NPK, pH, serta kandungan ZPT yang terukur. Oleh karena itu banyak kelompok masyarakat

pengolah limbah organik mengalami kesulitan dalam sertifikasi produk karena keterbatasan fasilitas laboratorium dan literasi teknis (Basuki *et al.*, 2024; Marín, 2025).

Untuk mengatasi hal tersebut, kegiatan PKM Tesabela merekomendasikan pendampingan lanjutan berupa pelatihan analisis sederhana (uji pH, N, P, K) serta kolaborasi dengan perguruan tinggi dan laboratorium daerah. Selain itu, integrasi hasil kegiatan dengan riset kampus dapat membuka peluang pengembangan formulasi baru berbasis campuran multi-alga atau penggunaan mikroba lokal fermentatif yang lebih efisien. Zhang *et al.* (2019) misalnya menunjukkan bahwa inokulum bakteri nitrifikasi alami dapat meningkatkan kandungan nitrogen POC hingga 1,5%, sedangkan penelitian Cao *et al.*, (2022) menegaskan peran konsorsium mikroba lokal dalam mempercepat degradasi polisakarida rumput laut hingga 30%. Pendekatan ini dapat diadaptasi untuk memperkuat kualitas produk lokal di Tesabela.

Selain manfaat agronomis dan ekonomi, kegiatan ini juga memberikan kontribusi ekologis yang nyata. Pemanfaatan limbah rumput laut dan mangrove menjadi pupuk cair mengurangi volume sampah organik pesisir dan menghindarkan pencemaran air laut akibat pembusukan alami. Dampak ini sejalan dengan target *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-12 tentang konsumsi dan produksi berkelanjutan, serta SDGs ke-14 tentang pelestarian ekosistem laut. Penggunaan pupuk organik cair juga berperan dalam mitigasi perubahan iklim karena menekan emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian; substitusi 30% pupuk kimia dengan POC berbasis rumput laut diperkirakan dapat menurunkan emisi karbon hingga 18% (FAO, 2021). Dengan demikian, kegiatan PKM Tesabela tidak hanya meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir tetapi juga berkontribusi terhadap konservasi lingkungan global.



Gambar 4. Dokumentasi Tim PKM dan peserta kegiatan.

Secara keseluruhan, keterpaduan antara hasil empiris lapangan, teori biostimulasi, dan dampak sosial-ekonomi menunjukkan bahwa program ini berhasil membangun model pemberdayaan pesisir berbasis bioekonomi sirkular. Melalui pemanfaatan sumber daya lokal yang melimpah seperti rumput laut dan mangrove, perempuan pesisir di Desa Tesabela mampu bertransformasi dari pengguna menjadi produsen teknologi hijau. Keberhasilan ini menegaskan pentingnya sinergi antara kearifan lokal, ilmu pengetahuan modern, dan kolaborasi kelembagaan dalam mengembangkan inovasi berkelanjutan yang memperkuat ketahanan pangan dan ekologi wilayah pesisir. Pada akhir kegiatan, Ketua Majelis Jemaat GMT Lidamanu Batubao memberi apresiasi terhadap kegiatan yang dilakukan karena memberi dampak bagi pengembangan potensi atau keahlian perempuan pesisir. Peserta juga berharap agar IAKN Kupang bersama Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang dapat terus bermitra dalam melakukan kegiatan berkelanjutan untuk pemberdayaan masyarakat pesisir dalam hal ini perempuan di Desa Tesabela.

5. KESIMPULAN

Program pemanfaatan limbah rumput laut dan daun mangrove di Desa Tesabela berhasil mengonversi sampah organik pesisir menjadi pupuk organik cair melalui fermentasi berbasis EM4, sekaligus meningkatkan kapasitas kelompok wanita pesisir karena sekitar 80% peserta mampu memproduksi POC secara mandiri dan melakukan uji sederhana. Fermentasi 21–28 hari menghasilkan POC dengan indikator kualitas yang baik seperti pH 5,5–6,0, aroma asam segar, serta peningkatan unsur hara N, P, dan K, dan penerapannya pada tanaman sayur lokal meningkatkan pertumbuhan sekitar 25–30% dibanding kontrol sehingga menegaskan fungsi POC sebagai sumber hara dan biostimulan yang mendukung kesehatan tanah serta mengurangi ketergantungan pupuk kimia. Program ini juga memicu peluang usaha kecil melalui pengemasan dan uji pasar serta menumbuhkan kesadaran lingkungan karena berkontribusi mengurangi limbah dan potensi pencemaran pesisir, namun keberlanjutan masih memerlukan penguatan ketersediaan bahan baku musiman, standar prosedur operasional kualitas, uji mutu yang lebih terstandar, dan peningkatan pemasaran melalui kemitraan dengan kelompok tani, UMKM, dan lembaga pendukung.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Kami mengucapkan terima kasih atas pendanaan dari Program Studi Sosiologi Agama untuk kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dengan tema “Edukasi Perempuan Pesisir sebagai Fondasi Ketahanan Ekonomi Komunitas di GMT Lidamanu Batubao, Desa

Tesabela, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur yang didukung oleh Institut Agama Kristen Negeri Kupang.

DAFTAR REFERENSI

- Abror, M., & Alhaq, M. H. (2017). Pengaruh pupuk organik cair dan kombinasi media organik terhadap tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *Nabatia*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.21070/nabatia.v5i1.853>
- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*, 10(3), 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Andrilianza, N. M., & Dirna, S. N. A. (2024). *Pembuatan pupuk organik cair berbahan dasar rumput laut (Sargassum sp.) melalui proses fermentasi* (Thesis). Politeknik Negeri Ujung Pandang. <https://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/11132>
- Basuki, Sari, V. K., & Rahayu, Y. D. (2024). Pelatihan pembuatan pupuk organik Petrokatul dan peningkatan literasi digital bagi Poktan Tani Setia Desa Jambearum. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat TABIKPUN*, 5(1). <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v5i1.132>
- Bhattacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- Cao, Z., Yan, W., Ding, M., & Yuan, Y. (2022). Construction of microbial consortia for microbial degradation of complex compounds. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1051233>
- Chen, D., Zhou, W., Yang, J., Ao, J., Huang, Y., Shen, D., Jiang, Y., Huang, Z., & Shen, H. (2021). Effects of seaweed extracts on the growth, physiological activity, cane yield, and sucrose content of sugarcane in China. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659130>
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23, 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- Daniella, L., Prayoga, T. Z., Mangkurat, R. S. B., Siregar, J. L., & Rahmiati, F. (2024). The importance of financial inclusion for women's empowerment in the seaweed industry as a potential resource for blue economy development. *Journal of Humanities and Social Studies*, 8(3), 789–794. <https://doi.org/10.33751/jhss.v8i3.10776>

- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Trends in seaweed extract-based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021, March 9). Food systems account for more than one third of global greenhouse gas emissions. <https://www.fao.org/newsroom/detail/Food-systems-account-for-more-than-one-third-of-global-greenhouse-gas-emissions/en>
- Hariyadi, Winarti, S., & Basuki. (2020). Kompos dan pupuk organik cair untuk pertumbuhan dan hasil cabai rawit (*Capsicum frutescens*) di tanah gambut. *Journal of Environment and Management*, 61–70. <https://doi.org/10.37304/jem.v2i1.2660>
- Larson, S., Stoeckl, N., Rimmer, M. A., Lapong, I., Purnomo, A. H., Paul, N. A., & Swanepoel, L. (2021). Women's well-being and household benefits from seaweed farming in Indonesia. *Aquaculture*, 530, Article 735711. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735711>
- Loppies, J. E., & Yumas, M. (2017). Pemanfaatan limbah cair industri rumput laut sebagai pupuk organik cair untuk tanaman pertanian. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(2), 66–75.
- Marín, É. A. (2025). The organic production system: Regulation and certification. In C. Palacios Riocerezo & M. Gonzalez Ronquillo (Eds.), *Traditional livestock production*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-88275-3_1
- Mukherjee, A., & Patel, J. S. (2020). Seaweed extract: Biostimulator of plant defense and plant productivity. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1), 553–558. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02442-z>
- Nanda, S., Kumar, G., & Hussain, S. (2021). Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: Current updates and future prospective. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19, 12839–12852. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03568-9>
- Pertiwi, R., Salprima, Y. S., Wibowo, R. H., Notriawan, D., Nasution, R. P., & Azhar, A. W. (2024). Aktivitas antibakteri ekstrak daun mangrove (*Rhizophora mucronata*) pada bakteri *Helicobacter pylori* penyebab tukak lambung. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 202–209. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.9957>

- Rimmer, M. A., Larson, S., Lapong, I., Purnomo, A. H., Pong-Masak, P. R., Swanepoel, L., & Paul, N. A. (2021). Seaweed aquaculture in Indonesia contributes to social and economic aspects of livelihoods and community wellbeing. *Sustainability*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910946>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11(40), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sahidu, A. M., Made, S., & Riniwati, H. (2021). Women in the coastal area and seaweed farming in Madura, East Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 718(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/718/1/012051>
- Surni, Sukristyanto, A., & Novaria, R. (2024). A systematic review of entrepreneurship development in coastal communities: Implications for women's empowerment in the Bajo tribe in Wakatobi Regency. *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, 5(5), 905–915. <https://doi.org/10.51601/ijersc.v5i5.870>
- Zhang, Q. F., & Laanbroek, H. J. (2018). The effects of condensed tannins derived from senescing *Rhizophora mangle* leaves on carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in a *Distichlis spicata* salt marsh soil. *Plant and Soil*, 433, 37–53. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3807-2>
- Zhao, Y., Li, W., Chen, L., Meng, L., & Zheng, Z. (2020). Effect of enriched thermotolerant nitrifying bacteria inoculation on reducing nitrogen loss during sewage sludge composting. *Bioresource Technology*, 311, Article 123461. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123461>