

Eksplorasi Kandungan Alginat dan Profil Unsur Hara Makro Alga Hijau *Ulva lactuca* sebagai Kandidat Biopolimer Encapsulan Pupuk

Exploration of Alginate Content and Macronutrient Profile of the Green Alga *Ulva lactuca* as a Candidate Biopolymer for Fertilizer Encapsulation

Atthaitan Indy Pratama¹, Amelia Kartika Reza Rahmawati¹, Marisa Lestari¹,
Fachdiya Risfy Andriyani¹, Laila Ainur Rohmah^{2*}

¹Program Studi Biologi, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Jawa Timur, Indonesia

²Program Studi S1 Biologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau Indonesia, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293, Indonesia

*Corresponding author: laila.ainurrohmah@lecturer.unri.ac.id
indytitian219@gmail.com, ameliareza791@gmail.com, marisa.lest37@gmail.com,
risfi1967@gmail.com, laila.ainurrohmah@lecturer.unri.ac.id

Received: 26 Mei 2026

Revised: 27 Mei 2026

Accepted: 31 Mei 2026

Abstrak

Pemanfaatan biomassa makroalga *Ulva lactuca* yang melimpah berpotensi untuk diaplikasikan dalam bidang pertanian. Alginat dalam *U. lactuca* dinilai mampu menjadi kandidat biopolimer encapsulan pupuk organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi nilai kandungan alginat dan unsur hara makro *U. lactuca*. Pemurnian alginat dilakukan menggunakan metode presipitasi menggunakan isopropil alkohol, sementara profil unsur hara makro C-total, N-total, dan P-tersedia masing-masing ditentukan menggunakan metode Walkley and Black, Kjeldahl, dan Olsen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen ekstraksi alginat *U. lactuca* menggunakan metode presipitasi tergolong rendah, yaitu 1–3%. Kadar air biomassa yang sangat tinggi (95.55–99.27%) mengindikasikan pentingnya tahap pengeringan sebelum proses ekstraksi. Kemurnian alginat *U. lactuca* yang diperoleh dinilai masih cukup rendah (11–12.53%), sementara profil unsur hara makro menunjukkan *U. lactuca* mengandung nilai C-total 10.80%, N-total 10.20%, dan P-tersedia 8.70%.

Kata kunci: alga, alginat, biopolimer, encapsulan, *Ulva lactuca*.

Abstract

The utilization of abundant *Ulva lactuca* biomass holds promising potential for agricultural applications. Alginates derived from *U. lactuca* are considered as potential biopolymer candidates for organic fertilizer encapsulation. This study aimed to explore the alginate content and macronutrient profile of *U. lactuca*. Alginate purification was performed using the isopropyl alcohol precipitation method, while macronutrient profiles, including total carbon (C), total nitrogen (N), and available phosphorus (P), were determined using the Walkley and Black, Kjeldahl, and Olsen methods. The results showed that the alginate extraction yield of *U. lactuca* obtained through the precipitation method was relatively low, ranging from 1–3%. The very high moisture content of the biomass (95.55–99.27%) indicates the importance of a drying step prior to extraction. The alginate purity of *U. lactuca* was also relatively low (11–12.53%),



whereas the macronutrient analysis revealed that *U. lactuca* contained 10.80% total C, 10.20% total N, and 8.70% available P.

Keywords: *algae, alginate, biopolymer, encapsulant, Ulva lactuca.*

PENDAHULUAN

Ulva lactuca merupakan kelompok makroalga hijau (*Chlorophyta*) yang tumbuh menempel pada batuan atau substrat keras di zona intertidal hingga subtidal (Guiry & Guiry 2026). Ciri morfologi *U. lactuca* adalah berbentuk lembaran (*thallus*) tipis, umumnya berwarna hijau terang, tepi lembaran membentuk lobus, serta memiliki variasi morfologi yang bergantung pada salinitas dan simbiosis dengan bakteri tertentu (Rybak 2018). Menurut Dominguez dan Loret (2019), *U. lactuca* merupakan makroalga hijau yang dikenal sebagai penyebab fenomena *green tide* atau ledakan populasi alga di berbagai wilayah pesisir dunia, hal ini disebabkan oleh peningkatan aktivitas manusia dan eutrofikasi perairan. Meski demikian, *U. lactuca* diketahui mengandung berbagai senyawa biokimia potensial seperti polisakarida, pigmen fotosintetik, dan unsur hara esensial (Kraan 2013; Cesário *et al.* 2018; Loyang & Henggu 2025). Oleh karena itu, biomassa *U. lactuca* yang melimpah berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber produk bernilai tambah seperti bioetanol, biogas, kosmetik, farmasi, dan produk makanan (Dewi 2018; Fitramadan *et al.* 2021; Sartika *et al.* 2022; Putra *et al.* 2023).

Pemanfaatan biomassa *U. lactuca* yang melimpah dipandang berpotensi untuk dapat diaplikasikan dalam bidang pertanian. Menurut Sari-Chmayssem (2018), kelompok Genus *Ulva* memiliki polisakarida dengan komponen utama yang disebut dengan ulvan sebesar 38–52%. Ulvan merupakan heteropolisakarida yang berperan dalam memberikan kekuatan dan menjaga fleksibilitas dinding sel talus *Ulva*, senyawa tersebut membantu mengurangi risiko kekeringan saat terpapar udara pada periode air surut (Kidgell *et al.* 2019; Jacob *et al.* 2024). Karena tingginya jumlah polisakarida tersebut, *U. lactuca* berpotensi sebagai sumber bahan baku biopolimer untuk pengembangan pupuk organik (Breure 2014; Ammaturo *et al.* 2023). Meskipun demikian, informasi mengenai kandungan hara makro *U. lactuca* masih terbatas, khususnya yang berkaitan dengan pemanfaatannya sebagai bahan enkapsulan pupuk lepas lambat (*Slow-Release Fertilizer*).

Slow-release fertilizer (SRF) merupakan teknik pembuatan pupuk yang dirancang untuk mengendalikan pelepasan unsur hara secara bertahap (Trirahayu *et al.* 2022; Pangestu *et al.* 2023). Teknologi SRF diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, terutama pada pupuk yang rentan mengalami kehilangan hara melalui pencucian (*leaching*) dan volatilisasi seperti urea (Olad *et al.* 2018). Pada sistem SRF, pupuk yang akan diberikan pada tanaman sebelumnya dienkapsulasi menggunakan bahan tambahan seperti alginat, kitosan, dan pektin, sehingga laju pelepasan unsur hara dapat diatur dan berlangsung lebih lambat dibandingkan pupuk konvensional (Chen *et al.* 2018; Priya *et al.* 2024). Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kandungan alginat dan profil unsur hara makro *U. lactuca* yang berpotensi sebagai kandidat biopolimer enkapsulan pupuk berbasis SRF.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Lamongan pada Tahun 2024. Alat yang digunakan yaitu batang pengaduk, ember, selang, botol plastik, polybag, gelas ukur, gelas beaker, neraca



analitik, pisau, pH meter, oven, spektrofotometer uv-vis, kertas saring, desikator, *hot plate*, dan *water bath*. Bahan yang digunakan yaitu *U. lactuca*, akuades, Asam Borat (H_3BO_3), Asam Klorida (HCl), Asam Sulfat (H_2SO_4), Ferro Amonium Sulfat (FAS), Indikator Ferroin, Indikator PP, Isopropil Alkohol (IPA), Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$), Kalium Sulfat (K_2SO_4), Natrium Bikarbonat ($NaHCO_3$), Natrium Hidroksida (NaOH), Reagen Molibdat, dan Tembaga sulfat ($CuSO_4$).

U. lactuca diambil dari Pantai di wilayah Kabupaten Gunung Kidul, D.I. Yogyakarta. Ekstraksi alginat diawali dengan pencucian dan pengeringan *U. lactuca*. Sampel kemudian dicacah, kemudian direndam dalam *water bath* menggunakan larutan NaOH pada suhu $70^\circ C$ selama 90 menit (Kidgell *et al.* 2019). Pemurnian alginat *U. lactuca* dilakukan dengan metode presipitasi menggunakan isopropil alkohol. Campuran ekstrak dibiarkan menjendal selama 24 jam pada suhu $4^\circ C$. Fase padat dari filtrat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $50^\circ C$ selama 6 jam (Fitramadan *et al.* 2021). Kemurnian alginat dihitung dengan metode spektrofotometri, sementara profil hara makro *U. lactuca* dilakukan dengan metode Walkey and Black untuk menghitung karbon (C) total, Kjeldhal untuk Nitrogen (N) total, dan Olsen untuk Fosfor (P) tersedia.

Persentase rendemen, kadar air, dan kemurnian alginat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat alginat kering (g)}}{\text{Berat sampel kering awal (g)}} \times 100$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Basah (gram)} - \text{Berat Kering (gram)}}{\text{Berat Basah (gram)}} \times 100$$

$$\text{Kemurnian Alginat (\%)} = \frac{\text{Berat alginat hasil analisis spektrofotometri (gram)}}{\text{Berat ekstrak alginat hasil ekstraksi (gram)}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

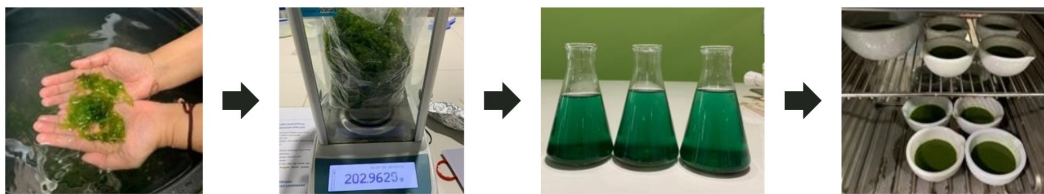
Ekstraksi *U. lactuca* menunjukkan jumlah rendemen berkisar antara 1-3% (Tabel 1). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan jika makroalga hijau cenderung memiliki alginat yang rendah, seperti pada jenis *U. rigida* (2-5%), *U. fasciata* (2-6%), *U. intestinalis* (2-4%), dan *U. pertusa* (3-7%) (Lahaye & Robic 200; Robic *et al.* 2009; Qi *et al.* 2010; Trivedi *et al.* 2016). Berdasarkan penelitian eksplorasi alginat makroalga, kelompok alga hijau seperti *U. lactuca* secara alami menunjukkan lebih banyak mengandung ulvan dibandingkan alginat, sementara kelompok makroalga coklat (*Phaeophyta*) seperti pada *Sargassum wightii* (31.7%), *Turbinaria triquetra* (22.2%), dan *Turbinaria ornata* (19.2%) memiliki jumlah alginat yang lebih tinggi (Zubia *et al.* 2008; Fayez *et al.* 2021; Jayasinghe *et al.* 2022). Menurut Saji *et al.* (2022), faktor tinggi dan rendahnya alginat makroalga selama proses ekstraksi sangat dipengaruhi oleh faktor kondisi bahan baku alga, suhu dan kadar pH, presipitasi reagen, dan metode pemurnian yang digunakan. Dengan demikian, keberadaan alginat pada biomassa *U. lactuca* yang relatif rendah masih dapat dioptimalkan dengan menggunakan metode ekstraksi yang berbeda. Selain itu, alginat dari *U. lactuca* juga tetap berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber biopolimer alternatif dalam mengembangkan enkapsulan pupuk.



Tabel 1. Hasil ekstrasi alginat *U. lactuca*

No	Parameter Ekstrasi Alginat	Hasil
1	Rendemen	1 - 3%
2	Kadar Air <i>U. Lactuca</i>	95.55 - 99.27%
3	Kemurnian alginat	11 – 12.53%

Biomassa *U. lactuca* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar air yang sangat tinggi, yaitu berkisar antara 95.55–99.27% (Tabel 1). Tingginya kadar air tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar komponen penyusun biomassa segar *U. lactuca* berupa air, sedangkan fraksi bahan kering hanya berada pada kisaran yang relatif rendah (Yaich *et al.* 2011; Hastiza *et al.* 2023). Karakteristik ini umum ditemukan pada makroalga hijau yang hidup di lingkungan perairan dan memiliki kemampuan menyerap serta mempertahankan air dalam jaringan talusnya. Oleh karena itu, proses pengeringan menjadi tahapan penting untuk meningkatkan stabilitas bahan baku dan memperoleh hasil ekstraksi alginat yang lebih optimal (Tzovenis 2026).



Gambar 1. Proses dan hasil ekstraksi alginat *U. lactuca*

Data pada Tabel 1 menunjukkan jika ekstraksi alginat menggunakan metode presipitasi dengan isopropol alkohol menunjukkan persentase kemurnian alginat pada kisaran 11–12.53%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak yang dihasilkan masih mengandung beberapa komponen selain alginat, seperti protein, pigmen, mineral, dan polisakarida lain yang secara alami terdapat dalam biomassa *U. lactuca* (Pappou *et al.* 2022). Rendahnya tingkat kemurnian ini kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan proses pemisahan dan pemurnian selama ekstraksi, sehingga senyawa pengotor masih terbawa dalam produk akhir (Yaich *et al.* 2013; Saji *et al.* 2022). Sementara itu, beberapa metode yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan hasil ekstraksi alginat *U. lactuca* diantaranya adalah *ultrasound-assisted extraction* (UAE), *enzyme-assisted extraction* (EAE), atau *microwave-assisted extraction* (MAE) (Łabowska *et al.* 2019; Li *et al.* 2023; Rahman *et al.* 2024).

Tabel 2. Profil unsur hara *U. lactuca*

No	Jenis Unsur Hara	Jumlah
1	Karbon (C-Total)	10.80%
2	Nitrogen (N-Total)	10.20%
3	Fosfor (P-Tersedia)	8.70%

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan persentase kandungan unsur hara makro ekstrak *U. lactuca* yang cukup tinggi, terutama nitrogen yang relatif sebanding dengan kandungan karbonnya. Berdasarkan penelitian Yaich *et al.* (2011), *U. lactuca* memiliki kandungan karbohidrat pada kisaran 8–20%, sehingga nilai C-total pada penelitian ini masih berada dalam rentang yang sebanding dari karakteristik umum spesies tersebut. Kandungan N-total dan P-tersedia pada penelitian ini (10.20%; 8.70%) masih berada dalam rentang nilai yang relatif sama dengan laporan sebelumnya (9–29%), meskipun lebih mengarah pada kategori rendah (Simon *et al.* 2022). Kandungan nitrogen dalam *U. lactuca* diketahui sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi di lingkungan perairan, terutama nitrogen anorganik yang dapat meningkatkan akumulasi N dalam jaringan makroalga (Pérez-Mayorga *et al.* 2011). Menurut Fleurence *et al.* (2012), makroalga dapat menyerap dan menyimpan nitrat maupun amonium secara intraseluler, sehingga kandungan nitrogen dalam jaringan alga dipengaruhi langsung oleh ketersediaan nitrogen di lingkungan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan jika komposisi unsur hara makro *U. lactuca* berpotensi sebagai bahan baku pupuk organik, meskipun belum berpotensi sebagai biopolimer enkapsulan pupuk organik berbasis SRF karena kandungan alginatnya yang rendah.

KESIMPULAN

Ekstraksi *U. lactuca* menghasilkan rendemen alginat yang rendah (1–3%), sesuai karakter makroalga hijau yang secara alami memiliki kandungan alginat lebih kecil dibandingkan makroalga coklat. Kadar air yang sangat tinggi (95.55–99.27%) menunjukkan pentingnya proses pengeringan sebagai tahap penting sebelum ekstraksi. Kemurnian alginat yang diperoleh masih cukup rendah (11–12.53%) yang diduga masih mengandung senyawa lain seperti protein, pigmen, mineral, dan polisakarida lain, sehingga metode presipitasi menggunakan isopropil alkohol masih belum optimal. Dari aspek komposisi, *U. lactuca* memiliki kandungan unsur hara makro (C-Total, N-Total, P-Tersedia) yang cukup baik (10.80%, 10.20%, 8.70%). Secara keseluruhan, *U. lactuca* lebih berpotensi sebagai sumber bahan organik atau biofertilizer dibandingkan sebagai sumber utama alginat, sehingga diperlukan optimasi metode ekstraksi untuk meningkatkan rendemen dan kemurnian alginat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) Republik Indonesia melalui skema pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammaturo, C., Pacheco, D., Cotas, J., Formisano, L., Ciriello, M., Pereira, L., Bahcevandziev, K. 2023. Use of *Chlorella vulgaris* and *Ulva lactuca* as biostimulant on lettuce. *Applied Sciences*. 13(16): 9046. <https://doi.org/10.3390/app13169046>
- Breure, M. S. 2014. *Exploring the Potential for Using Seaweed (Ulva lactuca) as Organic Fertiliser* (Thesis). Plant Production Systems. Wageningen University. Wageningen.
- Cesário, M. T., da Fonseca, M. M. R., Marques, M. M., de Almeida, M. C. M. D. 2018. Marine algal carbohydrates as carbon sources for the production of biochemicals



- and biomaterials. *Biotechnology Advances*. 36: 798–817. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.02.006>
- Chen, S., Yang, M., Ba, C., Yu, S., Jiang, Y., Zou, H., Zhang, Y. 2018. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by biochar-based waterborne copolymers. *Science of The Total Environment*. 615: 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.209>
- Dewi, E. N. 2018. *Ulva lactuca*. Bahan Ajar. Semarang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Dominguez, H., Loret, E. P. 2019. *Ulva lactuca*, a source of troubles and potential riches. *Marine Drugs*. 17(6): 357. <https://doi.org/10.3390/md17060357>
- Fayez, N. M., El-Shoubaky, G. A., Saleh, M. M., Mostafa, N. M. 2021. Evaluation and characterization of alginate extracted from brown seaweed collected in the Red Sea. *Applied Sciences*. 11(14): 6290. <https://doi.org/10.3390/app11146290>
- Fitramadan, L., Syaifuddin, Hendriyani, Bundu, M. M. 2021. Pengaruh penambahan rumput laut hijau (*Ulva lactuca*) terhadap karakteristik mekanik bioplastik pati singkong (*Manihot esculenta*). *Jurnal Politek*. 5(1): 1–6.
- Fleurence, J., Morancais, M., Dumay, J., Decottignies, P., Turpin, V., Munier, M., Garcia-Bueno, N., & Jaouen, P. 2012. What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture? *Trends in Food Science & Technology*, 27(1): 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.004>
- Guiry, M. D., Guiry, G. M. 2026. AlgaeBase. *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753. World-wide Electronic Publication, National University of Ireland, Galway. Diakses 05 Juni 2026 dari <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=145984>
- Hastiza, A. P., Edison, E., Karnila, R. 2023. Karakteristik fisik dan kadar air selada laut (*Ulva lactuca*). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*. 10(2).
- Jacoeb, A. M., Abdullah, A., Hakimah, S. N. 2024. Potensi ulvan dari *Ulva lactuca* sebagai sumber antioksidan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 27(3): 242–251. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46950>
- Jayasinghe, G. D. T. M., Jinadasa, B. K. K., Sadaruwan, N. A. G. 2022. Pathway of sodium alginate synthesis from marine brown algae, *Sargassum wightii* from Sri Lanka. *Discover Food*. 2(1): 2. <https://doi.org/10.1007/s44187-021-00001-5>
- Kidgell, J. T., Magnusson, M., de Nys, R., Glasson, C. R. K. 2019. Ulvan: a systematic review of extraction, composition and function. *Algal Research*. 39: 101422. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101422>
- Kraan, S. 2013. Pigments and minor compounds in algae. In Domínguez, H. (Ed.). *Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals*. Cambridge: Woodhead Publishing. 205–251.
- Łabowska, M. B., Michalak, I., Detyna, J. 2019. Methods of extraction, physicochemical properties of alginates and their applications in biomedical field – a review. *Open Chemistry*, 17(1): 738–762. <https://doi.org/10.1515/chem-2019-0077>
- Lahaye, M., Robic, A. 2007. Structure and functional properties of Ulvan, a polysaccharide from green seaweeds (*Ulva* spp.). *Biomacromolecules*. 8(6): 1765–1774. <https://doi.org/10.1021/bm061185q>
- Li, C., Tang, T., Du, Y., Jiang, L., Yao, Z., Ning, L., Zhu, B. 2023. Ulvan and *Ulva* oligosaccharides: a systematic review of structure, preparation, biological

- activities and applications. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1): 66. <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00690-z>
- Loyang, A. K., Henggu, K. U. 2025. Evaluasi gugus fungsi dan kristalografi selulosa hidroklorida dari rumput laut *Ulva lactuca*. *SATI: Sustainable Agricultural Technology Innovation*. 4: 649–658.
- Olad, A., Zebhi, H., Salari, D., Mirmohseni, A., Tabar, A. R. 2018. Slow-release NPK fertilizer encapsulated by carboxymethyl cellulose-based nanocomposite with the function of water retention in soil. *Materials Science and Engineering: C*. 90: 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.083>
- Pangestu, K. R., Suarya, P., Widiati, I. A. G. 2023. Sintesis dan karakterisasi *slow release fertilizer* (SRF) menggunakan formula campuran urea dan lempung bentonit. *Jurnal Kimia*. 17(1): 1–7. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2023.v17.i01.p01>
- Pappou, S., Dardavila, M. M., Savvidou, M. G., Louli, V., Magoulas, K., Voutsas, E. 2022. Extraction of bioactive compounds from *Ulva lactuca*. *Applied Sciences*, 12(4), 2117. <https://doi.org/10.3390/app12042117>
- Pérez-Mayorga, D. M., Ladah, L. B., Zertuche-González, J. A., Leichter, J. J., Filonov, A. E., Lavín, M. F. 2011. Nitrogen uptake and growth by the opportunistic macroalga *Ulva lactuca* (Linnaeus) during the internal tide. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 406(1–2): 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.05.028>
- Priya, E., Sarkar, S., Maji, P. K. 2024. A review on slow-release fertilizer: nutrient release mechanism and agricultural sustainability. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 12(4): 113211. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113211>
- Putra, N. R., Fajriah, S., Qomariyah, L., dan Dewi, A. S. 2023. Exploring the potential of *Ulva lactuca*: emerging extraction methods, bioactive compounds, and health applications – a perspective review. *South African Journal of Chemical Engineering*. 47(3). <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.11.017>
- Qi, H., Zhang, Q., Zhao, T., Hu, R., Zhang, K., Li, Z. 2010. In vitro antioxidant activity of ulvan extracted from *Ulva pertusa* Kjellman. *Journal of Applied Phycology*. 22: 165–172. <https://doi.org/10.5897/JMPR10.019>
- Rahman, M. M., Shahid, M. A., Hossain, M. T., Sheikh, M. S., Rahman, M. S., Khan, N. U. 2024. Sources, extractions, and applications of alginate: a review. *Discover Applied Sciences*, 6: 443. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06151-2>
- Robic, A., Gaillard, C., Sassi, J. F., Lerat, Y., Lahaye, M. 2009. Ultrastructure of Ulvan: A sulfated polysaccharide from green seaweed (*Ulva* spp.). *Carbohydrate Polymers*. 77(2): 328–336. <https://doi.org/10.1002/bip.21195>
- Rybak, A. 2018. Species of *Ulva* (Ulvophyceae, Chlorophyta) as indicators of salinity. *Ecological Indicators*. 85: 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.061>
- Saji, S., Hebden, A., Goswami, P., Du, C. 2022. A brief review on the development of alginate extraction process and its sustainability. *Sustainability*. 14(9): 5181. <https://doi.org/10.3390/su14095181>
- Sartika, Tamrin, Rejeki, S. 2022. Pengaruh penambahan tepung rumput laut hijau (*Ulva lactuca* L.) dan tepung sukun (*Artocarpus altilis*) terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik mie basah. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 6(6). <https://doi.org/10.33772/jstp.v6i6.22850>

- Simon, C., McHale, M., Sulpice, R. 2022. Applications of *Ulva* biomass and strategies to improve its yield and composition: A perspective for *Ulva* aquaculture. *Biology (Basel)*, 11(11): 1593. <https://doi.org/10.3390/biology11111593>
- Trirahayu, D. A., Putra, R. P., Hidayat, A. S., Perdana, M. I., Safitri, E. 2022. Synthesis and performance evaluation of cellulose-based slow-release fertilizer: a review. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*. 8(1): 1–16. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i1.15731>
- Trivedi, N., Baghel, R. S., Bothwell, J., Gupta, V., Reddy, C. R. K., Lali, A. M., Jha, B. 2016. An integrated process for the extraction of fuel and chemicals from marine macroalgal biomass (*Ulva fasciata*). *Scientific Reports*. 6: 30728. <https://doi.org/10.1038/srep30728>
- Tzovenis, I. 2026. Optimization of drying methods and ulvan extraction from *Ulva* sp.: yield, composition, and physicochemical characterization. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19605782>
- Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., Attia, H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry*. 128(4): 895–901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.114>
- Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C., Attia, H. 2013. Effect of extraction conditions on the yield and purity of ulvan extracted from *Ulva lactuca*. *Food Hydrocolloids*, 31(2), 375–382. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.013>
- Zubia, M., Payri, C., Deslandes, E. 2008. Alginate, mannitol, phenolic compounds and biological activities of two range-extending brown algae, *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales), from Tahiti (French Polynesia). *Journal of Applied Phycology*. 20(6): 1033–1043. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9303-3>