



ENERGI TERBARUKAN DARI BIOFUEL RUMPUT LAUT: MENGGALI POTENSI HIJAU DI LAUTAN

^{s1}Reza Hermawan, ²Deddy Supriyatna

^{1,2}Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: 2284210025@untirta.ac.id

Abstrak

Krisis energi dan perubahan iklim mendorong manusia mencari solusi berkelanjutan, salah satunya melalui bioetanol. Bioetanol, etanol dari bahan nabati, menjadi alternatif biofuel yang menjanjikan. Rumput laut, tumbuh berkelanjutan di perairan, menawarkan potensi sebagai sumber biofuel ramah lingkungan. Penelitian ini mengeksplorasi potensi rumput laut dalam produksi bioetanol dengan fokus pada hidrolisis dan fermentasi. Studi literatur mencakup pertumbuhan rumput laut, teknologi konversi menjadi biofuel, dan dampak lingkungan. Rumput laut, dengan pertumbuhan cepat dan berkelanjutan ekologis, menjadi alternatif menarik untuk bahan bakar. Proses konversi termasuk biofuel berbasis lipid dan berbasis karbohidrat, terbuka untuk produksi berbagai jenis biofuel. Meskipun dampak lingkungan perlu dikelola, potensi rumput laut sebagai bahan baku biofuel menawarkan harapan dalam mengatasi krisis energi dan berkelanjutan lingkungan. Kajian ilmiah dan literatur memberikan landasan bagi pemahaman lebih lanjut tentang potensi dan dampak penggunaan rumput laut dalam produksi biofuel.

Pendahuluan

Krisis energi dan perubahan iklim mendorong manusia untuk mencari Solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif yang menjanjikan adalah bioethanol. Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dari bahan baku nabati. Bioethanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair) disamping biodiesel. Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi (Musaniif, 2010). Salah satu inovasi menarik dalam hal ini adalah penggunaan biofuel yang berasal dari rumput laut.

Rumput laut yang tumbuh secara berkelanjutan diperairan, menawarkan potensi sebagai sumber biofuel yang ramah lingkungan. Meningkatnya penggunaan etanol sebagai salah satu sumber energi alternatif akan meningkatkan permintaan bahan baku. Mengingat hingga saat ini teknologi proses pembuatan etanol yang telah mantap dikembangkan adalah teknologi starch-based (Sun and Cheng, 2002). Rumput laut sekarang sudah banyak dikembangkan untuk berbagai keperluan dan sangat mudah dikembangkan (Fakhrudin, 2014). Pembuatan bioethanol dapat melalui dua tahap yaitu, proses hidrolisis dan proses fermentasi. Hidrolisis pati dan selulosa menjadi gula dapat dilakukan dengan hidrolisis secara kimiawi, fisik, dan enzimatik. Kelebihan dari hidrolisis asam adalah etanol yang dihasilkan lebih banyak



dibandingkan dengan hidrolisis enzimatis, proses hidrolisisnya juga lebih cepat dan cenderung memutuskan ikatan glikosida secara acak (Saputra dkk, 2012).

Namun pembuatan etanol dari bahan berselulosa memerlukan beberapa tahapan sebelum masuk pada tahapan fermentasi untuk menghasilkan etanol. Menurut Shofiyanto (2008), bahan selulosa pada limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk produksi etanol dengan melakukan proses hidrolisis terlebih dahulu. Proses hidrolisis dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gula sederhana yang kemudian difermentasi oleh khamr untuk menghasilkan etanol.

Metode Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada studi literatur yang mencakup jurnal ilmiah, artikel, dan buku yang berhubungan dengan pemanfaatan rumput laut sebagai bahan alternatif biofuel. Sumber-sumber informasi yang diperoleh ini meliputi berbagai aspek, mulai dari potensi pertumbuhan rumput laut hingga teknologi konversi menjadi biofuel.

Potensi pertumbuhan rumput laut

Rumput laut dikenal sebagai organisme yang memiliki pertumbuhan sangat cepat di laut. Sejumlah spesies, seperti kelp dan euscheuma, tumbuh dengan tingkat pertumbuhan yang sangat luar biasa, bahkan dapat melebihi beberapa tanaman darat. Potensi ini menjadi daya Tarik utama dalam mempertimbangkan rumput laut sebagai alternatif pembuatan bahan bakar.

Menurut (Smith, 2019) spesies rumput laut tertentu dapat tumbuh hingga 50cm per hari dalam kondisi lingkungan yang optimal. Ketersediaan lahan luas dilautan memungkinkan pertanian rumput laut dilakukan secara berkelanjutan tanpa mengorbankan lahan pertanian yang berharga.

Potensinya sebagai sumber biofuel menjadi fokus penelitian karena pertumbuhannya yang cepat, keberlanjutan ekologis, dan minimnya persaingan dengan sumber pangan. Keanekaragaman spesies rumput laut menjadi potensi besar dalam meningkatkan fleksibilitas dalam produksi biofuel.

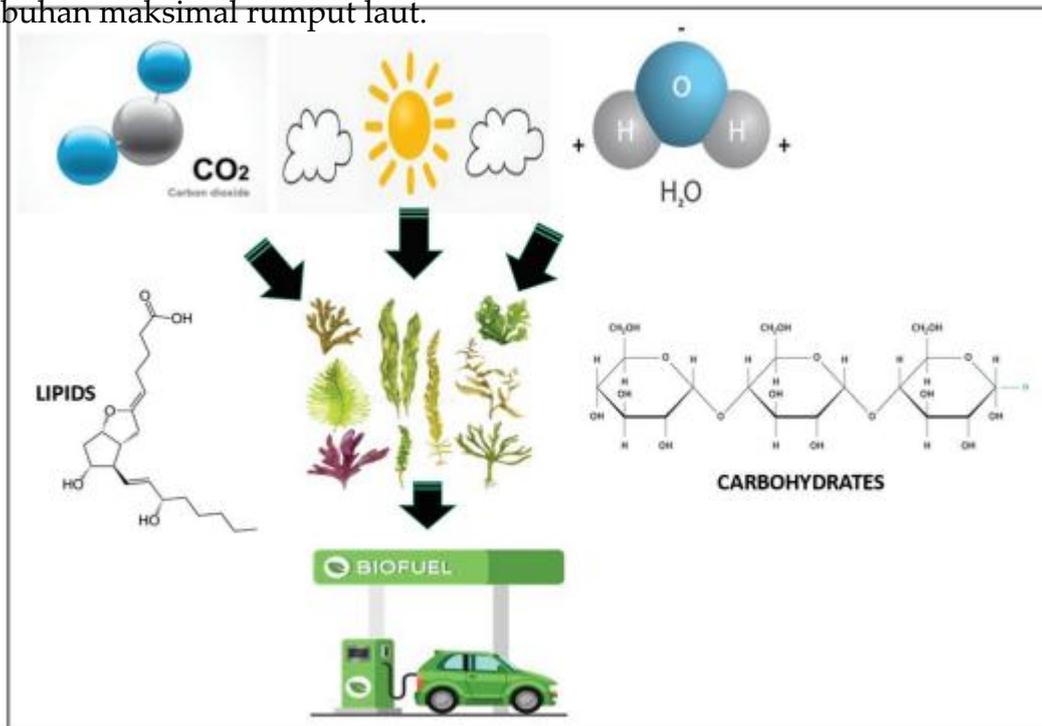
Rumput laut dan proses konversinya menjadi biofuel

Rumput laut adalah organisme laut autotrofik yang menghasilkan energi seperti kebanyakan tumbuhan lain melalui fotosintesis. Makroalga atau rumput laut adalah tumbuhan multiseluler yang biasanya tumbuh di air asin atau air tawar.

Mereka sering tumbuh dengan cepat, bahkan hingga mencapai 60 m. Rumput laut atau makroalga, yang lebih tahan terhadap predator dan kondisi lingkungan daripada mikroalga, dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok besar berdasarkan pigmentasinya: rumput laut cokelat (Phaeophyceae), rumput laut merah (Rhodophyceae), dan rumput laut hijau (Klorofisia). Rumput laut biasanya dimanfaatkan untuk produksi makanan dan ekstraksi hidrokoloid. Mereka termasuk dalam kategori tumbuhan tingkat rendah, tidak memiliki akar, batang, atau daun, melainkan terdiri dari thallus (sejenis daun) dengan kadang-kadang batang dan kaki. Beberapa spesies memiliki struktur berisi gas untuk memberikan daya apung.

Dilingkungan alamnya, rumput laut tumbuh disubstrat berbatu, membentuk vegetasi yang stabil, berlapis-lapis, dan abadi, yang menangkap hampir seluruh foton yang tersedia. Karena melekat pada substratnya, tegakan rumput laut memiliki nilai produktivitas yang dapat mencapai 10 kali lipat lebih tinggi dibandingkan populasi plankton, dengan potensi mencapai 1,8 kg/cm²/tahun. Kandungan klorofil maksimumnya mencapai 3 g/m² pada permukaan yang terkena sinar matahari, sejalan dengan biomassa alga sekitar 10 kg/m². Sebaliknya, produktivitas plankton jauh lebih rendah karena sebagian besar foton diserap atau tersebar oleh partikel abiotik, dan alga plankton tersebar dalam jumlah yang sangat sedikit.

Beberapa laporan menyebutkan bahwa sejumlah bahan bakar telah dihasilkan dari biomassa rumput laut berbasis alga, seperti biohydrogen, biodiesel, bahan bakar jet, dan bioethanol. Produksi biofuel ini melibatkan pemanfaatan kandungan karbohidrat dan lipid dalam biomassa rumput laut, yang diperoleh melalui paparan sinar matahari, penyerapan CO₂, dan penyerapan unsur hara mikro tertentu, terutama nitrogen (N) dari medium (fotoautotrofik). Sumber karbon dalam bentuk CO₂ dan Cahaya dianggap sebagai faktor kunci yang signifikan yang mempengaruhi pertumbuhan maksimal rumput laut.



Gambar 1: Sumber lipid dan karbohidrat dari rumput laut untuk produksi biofuel.

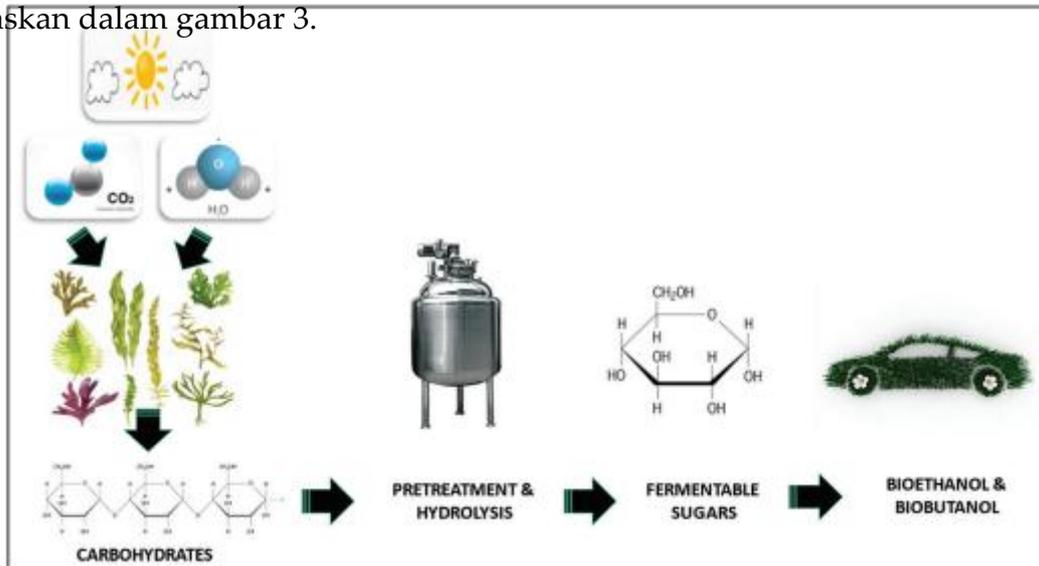
Proses transformasi rumput laut menjadi biofuel dapat dikategorikan kedalam dua jalur utama. Jalur pertama adalah jalur biofuel berbasis lipid atau minyak, yang umumnya berfokus pada pembuatan biodiesel. Sementara itu, jalur kedua adalah jalur rumput laut berbasis karbohidrat, yang membuka kemungkinan untuk beberapa jenis produksi biofuel, seperti bioethanol, biohydrogen, biometana. Dalam hal teknologi konversi biomasanya, terdapat dua pendekatan utama, yaitu konversi

termokimia dan biokimia. Proses konversi termokimia mencakup pirolisis dan gasifikasi, sementara reaksi biokimia mencakup pencernaan anaerobic dan transesterifikasi.

Rumput laut berbasis karbohidrat untuk produksi biofuel berbasis gula

Banyak peneliti telah menyelidiki secara rinci alternatif bahan nabati yang berkelanjutan dengan tujuan menemukan sumber daya yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Potensi biomassa berbasis alga sebagai bahan baku generasi ketiga dalam produksi biofuel terus menjadi fokus penelitian. Ganggang hijau misalnya, memiliki kandungan gula yang signifikan dalam bentuk karbohidrat kompleks.

Kandungan karbohidrat yang tinggi menunjukkan bahwa biomassa berbasis alga memiliki potensi sebagai sumber daya untuk memproduksi berbagai jenis biofuel, terutama biofuel berbasis gula seperti bioetanol dan biobutanol. Meskipun demikian, biomassa berbasis alga atau rumput laut memerlukan proses pretreatment dan hidrolisis untuk mengubah karbohidrat kompleks ini menjadi bentuk gula sederhana yang diperlukan dalam produksi bioetanol dan biobutanol, seperti yang dijelaskan dalam gambar 3.



Gambar 2 : Rumput laut untuk produksi bioetanol dan biobutanol

Rumput laut pada dasarnya tidak perlu menjalani proses pretreatment sebelum mengalami hidrolisis. Sejumlah metode hidrolisis telah berhasil diimplementasikan untuk menghasilkan bioetanol menggunakan bioetanol sebagai satu-satunya sumber karbon. Proses fermentasi biomassa rumput laut akan dilakukan berdasarkan komposisi polisakarida karena komposisi rumput laut dapat bervariasi dari satu spesies ke spesies lainnya, walaupun polisakarida pada dinding sel rumput laut umumnya terdiri dari selulosa dan hemiselulosa.

Biomassa rumput laut dapat dianggap sebagai bahan baku baru yang menjanjikan untuk memproduksi biofuel, terutama bioetanol, seperti yang terlihat pada gambar 2. Sebagian besar biofuel generasi ketiga dapat ditanam dilahan non-pertanian yang memiliki kondisi lingkungan yang keras dan berbeda, seperti menggunakan ruang air yang tidak dimanfaatkan dan air limbah sebagai media utama sumber nutrisi.



Pertumbuhannya yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman biji minyak lainnya dapat mencapai lebih dari 59% lipid per berat kering untuk beberapa jenis spesies, yang dapat digunakan untuk produksi biodiesel. Biomassa dengan kandungan polisakarida tinggi juga dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai macam bioproduk, terutama berbagai jenis biofuel seperti bioetanol dan biobutanol, yang menawarkan potensi pengembalian energi bersih (NER) yang lebih tinggi dibandingkan dengan biofuel lainnya. Sebagai bahan baku yang layak untuk produksi biofuel skala besar, biomassa rumput laut tidak bersaing dengan tanaman pangan berbasis lahan.

Dampak terhadap lingkungan

Pengembangan rumput laut sebagai bahan utama untuk pembuatan biofuel memiliki dampak lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian serius. Berikut adalah beberapa dampak yang mungkin timbul:

1. Dampak terhadap ekosistem laut:
 - Perubahan pada habitat: pengembangan lahan untuk budidaya rumput laut bisa mengakibatkan perubahan pada ekosistem laut.
 - Potensi persaingan dengan spesies laut lainnya: penggunaan lahan dan sumber daya dapat bersaing dengan spesies laut lain, termasuk ikan dan hewan laut lainnya.
2. Dampak terhadap kualitas air:
 - Penggunaan pupuk dan pestisida: jika tidak dikelola dengan baik, penggunaan pupuk dan pestisida dalam budidaya rumput laut bisa mencemari air laut dan berdampak negative pada kualitas air.
3. Dampak terhadap keanekaragaman hayati:
 - Potensi kehilangan keanekaragaman hayati: pengembangan rumput laut dalam skala besar bisa menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati di wilayah tertentu, terutama jika ekosistem laut alami digantikan oleh budidaya rumput laut.
4. Dampak terhadap emisi gas rumah kaca:
 - Potensi pengurangan emisi: pengembangan rumput laut sebagai bahan biofuel dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca jika sebagai pengganti bahan bakar fosil. Akan tetapi, produksi dan pemrosesan biofuel juga bisa menghasilkan emisi tergantung pada teknologi yang digunakan.
5. Dampak terhadap penggunaan lahan:
 - Konversi lahan: pengembangan lahan untuk budidaya rumput laut dapat mengakibatkan konversi lahan yang sebelumnya digunakan untuk keperluan lain, seperti pertanian atau hutan.
6. Dampak terhadap sumber daya air:
 - Pemanfaatan air: budidaya rumput laut memerlukan air, dan penggunaan air yang besar bisa berdampak pada sumber daya air, terutama di situasi dimana air merupakan sumber daya yang terbatas.



Semua dampak ini memerlukan manajemen yang cermat melalui praktik budidaya yang berkelanjutan dan perumusan kebijakan lingkungan yang tepat. Studi ilmiah dan literatur dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang dampak lingkungan dari pengembangan rumput laut sebagai bahan baku biofuel.

Kesimpulan

Dalam menghadapi krisis energi dan perubahan iklim, pencarian solusi berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin mendesak. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah bioetanol, sebuah jenis bioetanol yang dihasilkan dari bahan baku nabati. Inovasi menarik muncul dengan memanfaatkan rumput laut sebagai sumber biofuel yang ramah lingkungan.

Rumput laut, yang tumbuh secara berkelanjutan di perairan, menawarkan potensi sebagai bahan baku biofuel yang menarik. Pertumbuhannya yang cepat dan kemampuannya untuk tumbuh dilautan memberikan alternatif yang menarik dan berkelanjutan untuk pembuatan bahan bakar. Meskipun teknologi konvensional menggunakan pati sebagai bahan baku bioetanol, rumput laut membuka peluang baru dengan pendekatan berbasis karbohidrat.

Proses hidrolisis dan fermentasi menjadi kunci dalam produksi bioetanol dari rumput laut. Hidrolisis, baik secara kimiawi maupun enzimatik, merupakan langkah krusial untuk mendapatkan gula sederhana dari pati dan selulosa dalam rumput laut. Meskipun hidrolisis asam memiliki kelebihan tertentu, proses hidrolisis enzimatik muncul sebagai pilihan yang menjanjikan.

Dampak lingkungan dari pengembangan rumput laut sebagai bahan utama untuk biofuel harus dikelola dengan cermat. Perubahan pada ekosistem laut, persaingan dengan spesies laut lain, dampak pada kualitas air, keanekaragaman hayati, emisi gas rumah kaca, konversi lahan, dan pemanfaatan sumber daya air adalah aspek-aspek yang memerlukan perhatian serius dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, potensi rumput laut sebagai bahan baku biofuel menunjukkan harapan dalam menghadapi tantangan energi dan lingkungan. Namun, penting untuk menggabungkan penelitian lanjutan, manajemen berkelanjutan, dan kebijakan lingkungan yang bijaksana untuk memastikan bahwa pengembangan ini memberikan dampak positif bagi lingkungan dan Masyarakat secara keseluruhan. Studi ilmiah dan literatur, seperti yang disajikan dalam tinjauan ini, memberikan landasan penting untuk memahami potensi dan dampak dari penggunaan rumput laut dalam produksi biofuel.

Daftar Pustaka

- Balina, K., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2017). Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources. *Energy Procedia*, 128, 504–511.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.067>
- Duarte, C. M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, D., Marbà, N., Guiu, J., Black, K., & Karakassis, I. (2009). Will the oceans help feed humanity? *BioScience*, 59(11), 967–976. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>



- Hafting, J. T., Craigie, J. S., Stengel, D. B., Loureiro, R. R., Buschmann, A. H., Yarish, C., Edwards, M. D., & Critchley, A. T. (2015). Prospects and challenges for industrial production of seaweed bioactives. *Journal of Phycology*, 51(5), 821–837. <https://doi.org/10.1111/jpy.12326>
- Musanif, O. J. (n.d.). *BIO-ETANOL*.
- Olanrewaju, O. S., Shukor, H., Guerrier, G., Bagchi, D., Aruoma, O., & Ismail, S. K. (2024). The potential seaweed resources assessment: Its cultivation prospect and future biofuel feedstock. *American Journal of Biopharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(3), 3. https://doi.org/10.25259/ajbps_15_2023
- Rahmawati, N. F. (2018). Pembuatan Bioetanol dari Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida Pada Proses Hidrolisis. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram*, 1(2), 1–10.
- Saputra, D. R., Ridlo, A., & Widowati, I. (2012). Kajian Rumput Laut *Sargassum duplicatum* J. G. Agardh sebagai Penghasil Bioetanol dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Journal of Marine Research*, 1(2), 145–151.
- Wiratmaja, I. G., Bagus, I. G., Kusuma, W., & Winaya, I. N. S. (2011). Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku I Gede Wiratmaja (1) , I Gusti Bagus Wijaya Kusuma (2) dan I Nyoman Suprpta Winaya (2). 5(1).
- Zhao, Y., Bourgougnon, N., Lanoisellé, J. L., & Lendormi, T. (2022). Biofuel Production from Seaweeds: A Comprehensive Review. *Energies*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/en15249395>