

Mini Review: Preparasi Bioetanol Berbasis Makroalga

Clara Indriani Solle^{1*}, Defmit B.N. Riwu², Yantus A.B. Neolaka³

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

³) Program Studi Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: clarasolle05@gmail.com

ABSTRAK

Dalam menghadapi dampak serius dari emisi gas rumah kaca dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, biofuel khususnya bioetanol muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Artikel ini menyoroti potensi makroalga sebagai bahan baku bioetanol karena keunggulannya dimana ketersediaannya melimpah, pertumbuhannya yang cepat serta kandungan karbohidratnya yang tinggi. Proses produksi bioetanol dari makroalga mencakup tahap pretreatment, hidrolisis, fermentasi dan destilasi. Tahap Pre treatment bertujuan untuk meningkatkan aksesibilitas selulosa. Selanjutnya, hidrolisis mengubah selulosa menjadi glukosa yang kemudian difermentasi menjadi bioetanol oleh mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Makroalga menunjukkan rendemen bioetanol yang sangat tinggi dibandingkan bahan baku lain sehingga menjadikannya pilihan berkelanjutan yang tidak bersaing dengan produksi pangan. Bioetanol dari makroalga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti bahan bakar transportasi, bahan baku industri kimia dan aditif bahan bakar. Penggunaan bioetanol berkontribusi pada pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung industri yang lebih berkelanjutan.

ABSTRACT

*In the face of serious impacts of greenhouse gas emissions and dependence on fossil fuels, biofuels especially bioethanol are emerging as a promising alternative. This article highlights the potential of macroalgae as bioethanol feedstock due to its advantages of abundant availability, rapid growth and high carbohydrate content. The bioethanol production process from macroalgae includes pretreatment, hydrolysis, fermentation and distillation stages. Pre treatment aims to increase the accessibility of cellulose; hydrolysis converts cellulose into glucose which is then fermented into bioethanol by microorganisms such as *Saccharomyces cerevisiae*. Macroalgae shows very high bioethanol yield compared to other feedstocks making it a sustainable option that does not compete with food production. Bioethanol from macroalgae can be used as transportation fuel, feedstock for chemical industry as well as fuel additive. The use of bioethanol contributes to the reduction of dependence on fossil fuels and supports a more sustainable industry.*

Keywords: Bioethanol, Macroalgae, Fermentation process, renewable fuel, sustainable energy.

PENDAHULUAN

Dunia semakin menyadari dampak serius dari emisi gas rumah kaca (GRK) terutama CO₂ yang berasal dari produksi energi dan pola konsumsi yang tidak berkelanjutan. Saat ini, 84% dari konsumsi energi global masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti batu bara, gas alam dan minyak bumi. Permintaan energi dunia diproyeksikan akan meningkat sebesar 36% dari 12.300 juta ton saat ini menjadi 16.700 juta ton pada tahun 2035.

Sektor transportasi berkontribusi sekitar 30% terhadap total konsumsi energi global dan angka ini diperkirakan akan terus bertambah seiring dengan meningkatnya kebutuhan transportasi barang dan manusia. Lebih dari itu, sektor transportasi juga menyumbang sekitar 80% dari peningkatan konsumsi bahan bakar global selama periode 2006-2030 [1].

Situasi ini membuat negara-negara aktif menangani isu gas rumah kaca dan krisis puncak minyak melalui langkah-langkah mitigasi seperti konversi energi, substitusi bahan bakar, insentif untuk minyak terbarukan

dan reformasi kebijakan seperti pajak karbon. Dalam konteks ini, biofuel muncul sebagai alternatif menjanjikan untuk bahan bakar cair. Berbagai teknologi telah berkembang untuk mengubah biomassa menjadi biofuel yang diproduksi dari sumber tanaman terbarukan atau limbah organik. Biofuel menawarkan keuntungan dalam mengurangi emisi karbon dan ketergantungan pada minyak fosil [2].

BIOETANOL: ENERGI TERBARUKAN

Bioetanol sebagai salah satu jenis biofuel merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk menggantikan bahan bakar fosil [2]. Dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap penggunaan biomassa untuk produksi bioetanol meningkat secara signifikan. Salah satu sumber bahan baku yang menjanjikan adalah makroalga atau alga besar karena ketersediaannya yang melimpah, pertumbuhan yang cepat dan kandungan karbohidrat yang tinggi [3]. Artikel ini akan mengulas metode preparasi bioetanol berbasis makroalga mencakup proses *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi.

Sumber Bahan Baku Bioetanol

Tabel 1. Bahan baku bioetanol

No.	Biomassa	Rendemen (%)	Referensi
1.	Makroalga	85	[4]
2.	Nira Aren	25,96	[5]
3.	Rumput Gajah	27,83	[6]
4.	Limbah kayu Sengon	38,4	[7]
5.	Kulit Singkong	8,5	[8]
6.	Kulit Nenas	26,3	[9]
7.	Ampas sorgum manis	81	[10]
8.	Gula Tebu	71,52	[11]

Makroalga menonjol sebagai sumber bahan baku biomassa yang paling potensial untuk produksi bioetanol dengan rendemen bioetanol yang mencapai 85%. Angka ini menunjukkan bahwa makroalga mempunyai potensi konversi biomassa menjadi bioetanol yang sangat tinggi dibandingkan dengan sumber bahan baku biomassa lainnya.

Makroalga mempunyai beberapa keunggulan yang membuatnya sangat potensial sebagai sumber bioetanol. Pertama, makroalga dapat tumbuh dengan cepat dan tidak memerlukan lahan subur seperti tanaman darat sehingga tidak bersaing dengan produksi pangan [12]. Kedua, makroalga mempunyai kandungan karbohidrat yang tinggi yang dapat dengan mudah diubah menjadi gula sederhana melalui proses hidrolisis dan kemudian difermentasi menjadi bioetanol [13].

Dibandingkan dengan sumber bahan baku lain seperti nira aren dengan rendemen 25,96% dan rumput gajah dengan rendemen 27,83%, makroalga memberikan hasil yang jauh lebih tinggi. Nira aren dan rumput gajah meskipun dapat diolah menjadi bioetanol namun memiliki beberapa keterbatasan. Nira aren membutuhkan waktu panen yang lama serta bersaing dengan pangan manusia [1], sementara rumput gajah memerlukan lahan yang luas dan irigasi yang cukup [14].

Limbah kayu sengon dengan rendemen 38,4% juga menunjukkan potensi namun penggunaannya terbatas dikarenakan oleh kebutuhan proses *pretreatment* yang kompleks untuk menguraikan lignoselulosa menjadi gula fermentable [15]. Demikian juga, kulit singkong dengan rendemen 8,5% dan kulit nenas dengan rendemen 26,3% menunjukkan bahwa limbah pertanian dapat juga digunakan untuk produksi bioetanol namun efektivitasnya lebih rendah dibanding makroalga.

Ampas sorgum manis dengan rendemen 81% dan gula tebu dengan rendemen 71,52% juga merupakan bahan baku yang cukup baik namun membutuhkan lahan pertanian yang luas serta seringkali bersaing dengan tanaman pangan [16].

Secara keseluruhan, makroalga tidak hanya menawarkan rendemen bioetanol yang tinggi tetapi juga menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan dan efisien untuk produksi bioetanol sehingga menjadikannya pilihan yang sangat menarik dalam upaya memenuhi kebutuhan energi terbarukan.

Metode Preparasi Bioetanol

Tabel 2. Metode preparasi bioetanol

No	Biomassa	Metode	Referensi
1.	Makroalga (<i>Eucheuma Cottonii</i>)	Pretreatment, fermentasi, pemurnian	[17]
2.	Jerami Padi	Pretreatment alkali, enzimatisasi, fermentasi	[18]
3.	Ampas tebu	Pretreatment kimia, enzimatisasi lignoselulos, fermentasi, destilasi	[19]

Pre-treatment

Tahap pre-treatment bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan biomassa, menghilangkan hemiselulosa, memecah penghalang lignin, dan meningkatkan porositas material lignoselulosa [20]. Tahap ini membuat selulosa lebih mudah diakses oleh enzim, memfasilitasi konversi cepat menjadi gula yang dapat difermentasi sehingga meningkatkan hasil bioetanol secara signifikan [21].

Hidrolisis

Setelah *pretreatment*, proses hidrolisis dilakukan untuk memecahkan komponen selulosa dari biomassa menjadi glukosa, sementara hemiselulosa diubah menjadi pentosa dan heksosa. Glukosa yang dihasilkan kemudian difermentasi menjadi etanol oleh mikroorganisme tertentu yang telah dipilih secara khusus untuk proses ini [20]. Hidrolisis terdiri dari hidrolisis enzim dan hidrolisis asam [22], tergantung pada metode *pretreatment* yang digunakan.

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses dimana gula sederhana yang dilepaskan pada tahap hidrolisis diubah menjadi bioetanol dengan bantuan beberapa mikroorganisme [23]. Bioetanol merupakan produk utama dari fermentasi bersama dengan beberapa produk sampingan seperti CO₂ maupun Air [24].

Berbagai macam mikroorganisme dapat digunakan dalam proses pembuatan bioetanol, namun *saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu pilihan mikroorganisme yang paling umum digunakan karena efisiensinya dalam menghasilkan bioetanol [25].

Selain pemilihan mikroorganisme, beberapa faktor lain juga mempengaruhi hasil fermentasi. Faktor-faktor tersebut meliputi jumlah dan jenis mikroba, konsentrasi gula maupun enzim, lama waktu fermentasi, keasaman (pH), suhu, ketersediaan udara (oksigen) hingga nutrisi [26]. Semua komponen ini berperan penting dalam menentukan efisiensi dan efektivitas proses fermentasi serta hasil akhir dari produksi bioetanol.

Destilasi

Distilasi adalah metode umum yang digunakan untuk memurnikan cairan dan memisahkan campuran cairan dengan memanfaatkan perbedaan titik didih dari cairan yang akan dipisahkan [26]. Campuran dipanaskan untuk memaksa komponen-komponen masuk ke dalam bentuk gas, kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cair dan dikumpulkan. Namun, untuk mencapai pemurnian tinggi, diperlukan beberapa kali distilasi [27].

Bioetanol Berbasis Makroalga

Makroalga merupakan salah satu sumber potensial biomassa untuk produksi bioetanol. Makroalga atau rumput laut besar dikenal dengan kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yang dapat diubah menjadi bioetanol melalui proses fermentasi [1]. Produksi bioetanol dari makroalga melibatkan beberapa tahapan dimulai dari pre-treatment, hidrolisis,

fermentasi hingga destilasi untuk mendapatkan bioetanol murni [28].

Proses ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk mengubah karbohidrat menjadi etanol [29]. Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada kandungan karbohidrat dalam bahan baku makroalga. Berikut ini adalah Tabel 3 yang menyajikan data kandungan karbohidrat dari beberapa jenis makroalga yang potensial untuk produksi bioetanol.

Tabel 3 Kandungan karbohidrat makroalga

No	Jenis makroalga	Kandungan karbohidrat (%)	Referensi
1.	<i>Eucheuma sp</i>	55,52	[30]
2.	<i>G. Spinosum</i>	19,38	[31]
3.	<i>Sargassum sp.</i>	23,77	[32]
4.	<i>Ulva sp.</i>	49,09	[33]
5.	<i>Chlorella sp.</i>	23,9	[34]
6.	<i>Gelidium Sp.</i>	53,66	[35]
7.	<i>Caulerpa Sp.</i>	19,08	[36]
8.	<i>Padina sp.</i>	39	[37]

APLIKASI BIOETANOL

Bahan Bakar Transportasi

Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, baik dalam bentuk murni (E100) maupun sebagai campuran dengan bensin dalam berbagai rasio, misalnya E10 yang mengandung 10% etanol maupun E85 yang mengandung 85% etano [38]. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar transportasi dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, meningkatkan kualitas udara karena pembakarannya lebih bersih dibandingkan bensin konvensional serta penggunaan bioetanol juga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca [39].

Bahan Baku Industri Kimia

Bioetanol dapat diubah menjadi etilena melalui proses dehidrasi yang kemudian dapat digunakan untuk produksi plastik, pelarut dan bahan kimia lainnya. Penggunaan bioetanol sebagai bahan baku kimia mempunyai keunggulan dimana mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil serta mendukung industri kimia yang lebih berkelanjutan [40].

Aditif Bahan Bakar

Bioetanol juga digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan performa bahan bakar fosil. Penambahan etanol kedalam bensin dapat meningkatkan angka oktan yang mengurangi knocking dan meningkatkan efisiensi pembakaran [41]. Hal ini tidak hanya meningkatkan performa mesin tetapi juga mengurangi emisi polutan berbahaya

KESIMPULAN

Makroalga menawarkan potensi besar sebagai bahan baku produksi bioetanol karena ketersediaanya yang melimpah, pertumbuhan cepat serta kandungan karbohidrat yang tinggi mencapai rendemen 85%. Keunggulan makroalga mencakup kemampuan nya untuk tumbuh tanpa memerlukan lahan subur dan tidak bersaing dengan produksi pangan sehingga menjadikannya pilihan yang berkelanjutan dibandingkan sumber biomassa lain seperti nira aren, rumput gajah maupun limbah kayu sengon.

Proses produksi bioetanol dari makroalga mencakup beberapa tahapan penting seperti pre-treatment, hidrolisis, fermentasi serta destilasi. Bioetanol dari makroalga tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar transportasi, namun dapat juga digunakan sebagai bahan baku industri kimia serta aditif bahan bakar. Dengan menggunakan bioetanol dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan mendukung industri yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. K. Sudhakar, R. Mamat, M. Samykano, W. H. Azmi, W. F. W. Ishak, And T. Yusaf, "An Overview Of Marine Macroalgae As Bioresource," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 91, No. November 2017, Pp. 165–179, 2018, Doi: 10.1016/J.Rser.2018.03.100.
- [2]. T. V. Ramachandra And D. Hebbale, "Bioethanol From Macroalgae: Prospects And Challenges," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 117, No. February 2019, P. 109479, 2020, Doi: 10.1016/J.Rser.2019.109479.
- [3]. V. D. Loupatty, "Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah," *Maj. Biam*, Vol. 10, No. Desember, Pp. 50–59, 2014.
- [4]. V. D. Loupatty, "Pemanfaatan Rumput Laut Eucheuma Cottonii Sebagai Bahan Baku Bioetanol," 2014.
- [5]. Azhari, "Produksi Bioetanol Dari Nira Aren Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti," Vol. 2, No. Mei, Pp. 236–246, 2023.
- [6]. H. I. Nasution, R. Sari, And P. Hasibuan, "Pembuatan Etanol Dari Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum Schumacher*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Dan Fermentasi *Saccharomyces Cerevisiae*," *J. Pendidik. Kim.*, Vol. 8, No. 2, Pp. 72–81, 2016.
- [7]. T. B. B. Ina Winarni, "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kayu Sengon (*Falcateria Moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) Dengan Metode Substrat Konsentrasi Tinggi," Vol. 3.
- [8]. S. O. Osemwengie, E. I. Osagie, And B. Onwukwe, "Optimization Of Bioethanol Production From Cassava Peels," *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, Vol. 24, No. 12, Pp. 2077–2083, 2021, Doi: 10.4314/Jasem.V24i12.11.
- [9]. R. Hilma, U. Akbar, And - Prasetya, "Optimum Condition Of Bioetanol Production Via Acidic Hydrolysis From Pineapple (*Ananas Comosus Merr.*) Peel Waste In Kualu Village-Kampar," *Phot. J. Sain Dan Kesehatan*, Vol. 7, No. 02, Pp. 135–142, 1930, Doi: 10.37859/Jp.V7i02.519.
- [10]. A. Goshadrou, K. Karimi, And M. J. Taherzadeh, "Bioethanol Production From Sweet Sorghum Bagasse By *Mucor Hiemalis*," *Ind. Crops Prod.*, Vol. 34, No. 1, Pp. 1219–1225, 2011, Doi: 10.1016/J.Indcrop.2011.04.018.
- [11]. R. Raharja, U. Murdiyatmo, A. Sutrisno, And A. K. Wardani, "Bioethanol Production From Sugarcane Molasses By Instant Dry Yeast," *Iop Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Vol. 230, No. 1, 2019, Doi: 10.1088/1755-1315/230/1/012076.
- [12]. F. Alam, S. Mobin, And H. Chowdhury, "Third Generation Biofuel From Algae," *Procedia Eng.*, Vol. 105, No. Icte 2014, Pp. 763–768, 2015, Doi: 10.1016/J.Proeng.2015.05.068.
- [13]. I. S. Tan And K. T. Lee, "Comparison Of Different Process Strategies For Bioethanol Production From *Eucheuma Cottonii*: An Economic Study," *Bioresour. Technol.*, Vol. 199, Pp. 336–346, 2016, Doi: 10.1016/J.Biortech.2015.08.008.
- [14]. L. P. Johannes, T. Thi, N. Minh, And T. D. Xuan, "Elephant Grass (*Pennisetum Purpureum*): A Bioenergy Resource Overview," Pp. 625–646, 2024.
- [15]. Jasman, "Pengembangan Bioetanol Generasi Kedua Di Indonesia: Tantangan Dan Harapan," Pp. 41–49, 2022, [Online]. Available: <https://conference.undana.ac.id/Wnpsk/Article/View/439>
- [16]. S. A. Scott Et Al., "Biodiesel From Algae: Challenges And Prospects," *Curr. Opin. Biotechnol.*, Vol. 21, No. 3, Pp. 277–286, 2010, Doi: 10.1016/J.Copbio.2010.03.005.
- [17]. S. Puspawati, Wagiman, M. Ainuri, D. A. Nugraha, And Haslianti, "The Production Of Bioethanol Fermentation Substrate From *Eucheuma Cottonii* Seaweed Through Hydrolysis By Cellulose Enzyme," *Agric. Agric. Sci. Procedia*, Vol. 3, Pp. 200–205, 2015, Doi: 10.1016/J.Aaspro.2015.01.039.

- [18]. R. Ningthoujam, P. Jangid, V. K. Yadav, D. K. Sahoo, A. Patel, And H. K. Dhingra, "Bioethanol Production From Alkali-Pretreated Rice Straw: Effects On Fermentation Yield, Structural Characterization, And Ethanol Analysis," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, Vol. 11, No. August, Pp. 1–9, 2023, Doi: 10.3389/Fbioe.2023.1243856.
- [19]. M. Gani, N. Abdulkadir, S. B. Usman, H. M. Maiturare, And S. Gabriel, "Production Of Bioethanol From Sugarcane Bagasse Using *Saccharomyces Cerevisiae*," *Biotechnol. J. Int.*, Vol. 22, No. 1, Pp. 1–8, 2018, Doi: 10.9734/Bji/2018/43072.
- [20]. J. Ben-Iwo, V. Manovic, And P. Longhurst, "Biomass Resources And Biofuels Potential For The Production Of Transportation Fuels In Nigeria," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 63, Pp. 172–192, 2016, Doi: 10.1016/J.Rser.2016.05.050.
- [21]. S. Niju, M. Swathika, And M. Balajii, *Pretreatment Of Lignocellulosic Sugarcane Leaves And Tops For Bioethanol Production*. Inc, 2019. Doi: 10.1016/B978-0-12-815936-1.00010-1.
- [22]. P. Badger, "Ethanol From Cellulose: A General Review," *Trends New Crop*. New Uses, Pp. 17–21, 2002, [Online]. Available: [Http://Large.Stanford.Edu/Publications/Coal/References/Docs/Badger.Pdf](http://Large.Stanford.Edu/Publications/Coal/References/Docs/Badger.Pdf)
- [23]. N. Wei, J. Quarterman, And Y. S. Jin, "Marine Macroalgae: An Untapped Resource For Producing Fuels And Chemicals," *Trends Biotechnol.*, Vol. 31, No. 2, Pp. 70–77, 2013, Doi: 10.1016/J.Tibtech.2012.10.009.
- [24]. S. A. Jambo, R. Abdulla, S. H. Mohd Azhar, H. Marbawi, J. A. Gansau, And P. Ravindra, "A Review On Third Generation Bioethanol Feedstock," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 65, Pp. 756–769, 2016, Doi: 10.1016/J.Rser.2016.07.064.
- [25]. Y. Susmiati, "Prospek Produksi Bioetanol Dari Limbah Pertanian Dan Sampah Organik The Prospect Of Bioethanol Production From Agricultural Waste And Organic Waste," *J. Teknol. Dan Manaj. Agroindustri*, Vol. 7, No. 2, Pp. 67–80, 2018, [Online]. Available: [Http://Www.Industria.Ub.Ac.Id](http://Www.Industria.Ub.Ac.Id)
- [26]. L. Teori, "Pembuatan Etanol Dari Jambu Mete," Vol. 7, No. 2, Pp. 48–53, 2009.
- [27]. A. Verardi, C. G. Lopresto, A. Blasi, S. Chakraborty, And V. Calabrò, *Bioconversion Of Lignocellulosic Biomass To Bioethanol And Biobutanol*. Inc, 2019. Doi: 10.1016/B978-0-12-815936-1.00003-4.
- [28]. I. W. Karta, N. M. Puspawati, And Y. Ciawi, "Pembuatan Bioetanol Dari Alga *Codium Geppiorum* Dan Pemanfaatan Batu Kapur Nusa Penida Teraktivasi Untuk Meningkatkan Kualitas Bioetanol," *Cakra Kim. (Indonesian E-Journal Appl. Chem.)*, Vol. 3, No. 12, Pp. 23–31, 2015.
- [29]. M. G. W. Nadya Adharani, Sulistiono, "Formulasi Bioetanol Dari *Eucheuma Cottonii* Upaya Energi Terbaru Nelayan Sumberkencono Banyuwangi," Vol. 23, No. 4, Pp. 1–16, 2023.
- [30]. A. Diharmi, D. Fardiaz, N. Andarwulan, And Nandang Sri Heruwati, "Karakteristik Komposisi Kimia Rumput Laut Merah (*Rhodophyceae*) *Eucheuma Spinosum* Yang Dibudidayakan Dari Perairan Nusa Penida, Takalar, Dan Sumenep," 2012. [Online]. Available: [Https://Api.Semanticscholar.Org/Corpusid:140713675](https://Api.Semanticscholar.Org/Corpusid:140713675)
- [31]. A. T. S. Beach, "1* & 2 1," Vol. 13, No. August, Pp. 283–293, 2021.
- [32]. S. Antioksidan, D. Pesisir, And B. Aceh, "Eksplorasi Senyawa Bioaktif Alga Cokelat *Sargassum Sp.* Agardh Sebagai Antioksidan Dari Pesisir Barat Aceh," No. April, 2018, Doi: 10.17844/Jphpi.V21i1.21543.
- [33]. E. Science, "Nutritional Evaluation Of *Ulva Sp.* From Sepanjang Coast, Gunungkidul, Indonesia Nutritional Evaluation Of *Ulva Sp.* From Sepanjang

- Coast , Gunungkidul , Indonesia”, Doi: 10.1088/1755-1315/251/1/012011.
- [34]. Q. Mahzabin, B. Zhang, L. Wang, And A. Shahbazi, “*A Combined Pretreatment , Fermentation And Ethanol-Assisted Liquefaction Process For Production Of Biofuel From Chlorella Sp .*,” *Fuel*, Vol. 257, No. July, P. 116026, 2019, Doi: 10.1016/J.Fuel.2019.116026.
- [35]. Y. A. Ashoush, S. M. El-Sayed, H. E. Farid, And M. A. Abd-Elwahab, “*Biochemical Studies On Red Algae Gelidium Sp . Grown In Egypt*,” Vol. 2, No. 5, Pp. 334–341, 2017.
- [36]. Y. Yee, K. Aun, W. Mei, Z. Pei, And L. Yee, “*A Comparative Evaluation Of Nutritional Composition And Antioxidant Properties Of Six Malaysian Edible Seaweeds*,” *Food Chem. Adv.*, Vol. 3, No. January, P. 100426, 2023, Doi: 10.1016/J.Focha.2023.100426.
- [37]. A. A. Ansari, S. M. Ghanem, And M. Naeem, “*Brown Alga Padina : A Review Brown Alga Padina : A Review*,” No. January, Pp. 19–22, 2019.
- [38]. Humas Ebtke, “No Title.” <https://Ebtke.Esdm.Go.Id/Post/2023/08/03/3565/Implementasi.Terbatas.Bahan.Bakar.Nabati.Bioetanol.E5.Segera.Dimulai>
- [39]. B. Bakar, G. P. Dari, T. Suprianto, S. Mujiarto, And M. Kasim, “Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan *Pretreatment Lignocellulotic Material Dan Fermentasi*,” Vol. 16, No. 2, Pp. 166–173, 2016.
- [40]. O. Pengukuhan, P. Riset, B. T. Bioproses, And E. Hermiati, *Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Teknologi Bioproses*. 2019.
- [41]. I. Hermawan, M. Idris, D. Darianto, And M. Y. R. Siahaan, “Kinerja Mesin Motor 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol Dan Pertamina,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, 2021, [Online]. Available: <https://Api.Semanticscholar.Org/Corpusid:247116668>