Produksi Biodiesel dari Mikroalga *Nannochloropsis sp*. Menggunakan Metode Transesterifikasi dengan Bantuan Katalis Heterogen CaO/*Hydrotalcite*

Azis Dwi Septianto[1], Saptio Aji[2], dan Yustia Wulandari Mirzayanti[3, *]

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri[1,2,3]

**e-mail: yustiawulandari_che@itats.ac.id*

ABSTRACT

Nannochloropsis sp. is a species of microalgae that has the characteristics of a greenish color, non-flagella and non-motile. Nannochloropsis sp. cells are spherical (small round), has a measurement of 4-6 micrometers, and has a high oil content from its body. The purpose of this study was to determine the effect of the ratio from algae oil and methanol solvent to yield crude biodiesel, and the effect of the ratio from algae oil and methanol solvent to free fatty acids content. The algae oil extraction process of Nannochloropsis sp. using the maceration method carried out at a temperature of 70^{0}C for 5 hours. Then the transesterification process was carried out at a temperature of 65^{0}C for 8 hours. The molar ratio variations between the algae oil of Nannochloropsis sp: the amount of methanol solvent used were 1:5; 1:15; 1:25 mL / mL, then adding amount of catalyst is 5% from algae oil Nannochloropsis sp. The highest yield crude biodiesel conversion produced was 40,32% at a 1:15 molar ratio. And then, the lowest FFA produced was 0,2789 mg NaOH/gr at a 1:25 molar ratio. The more addition molar ratio, the result of FFA content was also decreased.

Keywords: *Biodiesel, Heterogent Catalyst, Nannochloropsis, Oil, Transesterification*

ABSTRAK

Nannochloropsis sp. merupakan jenis mikroalga yang mempunyai ciri – ciri berwarna kehijauan, tidak berflagela, dan tidak motil. Sel *Nannochloropsis sp*. berbentuk bola (bulat kecil), berukuran 4-6 mikrometer, dan memiliki kandungan minyak yang tinggi dari massa tubuhnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh rasio molar dari minyak alga dan pelarut metanol terhadap *yield crude* biodiesel, dan juga pengaruh rasio molar dari minyak alga dan pelarut metanol terhadap kandungan asam lemak bebas dari *yield crude* biodiesel. Proses ekstraksi minyak alga *Nannochloropsis sp*. menggunakan metode maserasi dilakukan pada temperatur 70^{0}C selama 5 jam, selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi pada temperatur 65^{0}C selama 8 jam. Variasi rasio molar perbandingan antara minyak alga *Nannochloropsis sp* : jumlah pelarut metanol yang digunakan yaitu 1:5; 1:15; 1:25 mL/mL, kemudian penambahan jumlah katalis adalah 5% dari minyak alga *Nannochloropsis sp*. Konversi *yield crude* biodiesel tertinggi yang dihasilkan adalah 40,32% pada rasio molar 1:15. Dan juga, *FFA* terendah yang didapatkan adalah 0,2789 mg NaOH/gr pada rasio molar 1:25. Semakin besar penambahan rasio molar, maka kadar *FFA* yang dihasilkan semakin turun.

Kata kunci: Biodiesel, Katalis Heterogen, Nannochloropsis, Minyak, Transesterifikasi

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah, termasuk energi yang terbarukan dan tak terbarukan. Indonesia saat ini masih sangat bergantung pada bahan bakar tak terbarukan berbasis fosil sebagai sumber energi [1] . Untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi dan memenuhi persyaratan lingkungan global, permasalahan tersebut dapat diminimalkan dengan penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Bahan bakar alternatif dapat pula sebagai solusi dari kebutuhan bahan bakar untuk cadangan energi. Sebetulnya, Indonesia memiliki beranekaragaman tanaman yang dapat dijadikan sumber bahan bakar biodiesel seperti mikroalga dan kelapa sawit. Ketidaktahuan masyarakat Indonesia tentang

kandungan nutrisi dari mikroalga tersebut menyebabkan pemanfaatan ini kurang digemari. Mikroalga merupakan bahan baku biomassa yang dapat digunakan dalam produksi biodiesel. Kelebihan dari mikroalga yaitu memiliki kandungan lipid yang tinggi, tingkat pertumbuhan yang cepat dan dapat menghasilkan minyak 10 hingga 20 kali lebih banyak daripada tanaman yang lain. Mikroalga juga tidak bersaing dengan tanaman pangan lainnya sehingga mikroalga menjadi bahan baku tanaman alternatif yang lebih populer [2]. Mikroalga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik, sehingga mereka dapat bersaing dalam seluruh siklus pertumbuhan setiap beberapa hari. Salah satu mikroalga adalah Nannochloropsis sp mempunyai kandungan lipid 31 hingga 68% berat kering biomassa [3]. Oleh karena itu diperlukan mengolah mikroalga tersebut sehingga menjadi biodiesel layak untuk digunakan. Beberapa penelitian sebelumnya mengenai produksi biodiesel dari mikroalga menggunakan proses transesterifikasi antara lain: Produksi biodiesel dari mikroalga *Nannochloropsis* dengan *microwave* menggunakan katalis CaO dan MgO [3]; Produksi biodiesel dari minyak mikroalga *Chlorella sp* dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis KOH [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian menggunakan mikroalga *Nannochloropsis sp* sebagai bahan baku biodiesel dengan bantuan katalis heterogen (CaO/*Hydrotalcite*). Kalsium Oksida (CaO) merupakan salah satu jenis katalis heterogen dan memiliki kebasaan yang tinggi. Kebasaan CaO yang tinggi dapat menyebabkan oksida ini banyak dimanfaatkan sebagai katalis untuk transesterifikasi [5]. Kelebihan dari Kalsium Oksida (CaO) yaitu kelarutan yang dimilikinya rendah dalam methanol dan juga harga dari Kalsium Oksida (CaO) sangat murah. *Hydrotalcite* $[Mg_6Al_2(OH)_{16}]^{2+}$ $CO_3^{2-}.4H_2O$ telah banyak dikembangkan karena memiliki potensi sebagai penukar ion, perkursor, fotokatalis, sediaan farmasi, kosmetika, adsorben dan juga sebagai katalis [6]. Keuntungan menggunakan *Hydrotalcite* yaitu mudahnya proses penanganannya, dapat dipisahkan dengan produk, ramah lingkungan dan produk yang dihasilkan sangat bagus.

TINJAUAN PUSTAKA

Potensi sumber daya energi di laut Indonesia yang cukup besar seperti tumbuhan laut mikroalga yang dikonversi menjadi biodiesel perlu dimanfaatkan secara efektif untuk meningkatkan devisa dari sektor kelautan sebagai solusi membangun ketahanan energi dalam memperkuat pertahanan maritim dari permasalahan meningkatnya harga bahan bakar minyak. Besarnya potensi pemanfaatan mikroalga, juga seharusnya dimanfaatkan dalam pengembangan ketahanan energi, khususnya mikroalga sebagai bahan baku pembuatan biodiesel pengganti solar. Oleh karenanya, budidaya mikroalga dalam tahap kultivasi perlu dilakukan melalui masyarakat pesisir. Budidaya mikroalga ini dapat berkembang di area pesisir Indonesia seperti Pantai Pangandaran, Kepulauan Seribu, Bali, Pulau Samarinda, Pulau Telang, Teluk Lampung maupun daerah lainnya [7]. Mikroalga yang banyak ditemukan berasal dari kelas *Bacillariophyceae* (Diatom), *Chrysophyceae* (alga coklat keemasan), *Nannochloropsis* (alga hijau), *Cyanophyceae* (alga biru hijau). Berdasarkan spesiesnya di perairan Indonesia, ada berbagai macam bentuk dan ukuran mikroalga serta kandungan lipid yang dihasilkannya [8].

Pemilihan *Nannochloropsis sp.* sebagai bahan baku biodiesel ini karena *Nannochloropsis sp.* adalah mikroalga yang telah banyak dibudidayakan dan kaya akan manfaat, terutama dalam hal kesehatan. Nutrisi yang terkandung didalamnya termasuk protein; karbohidrat; lemak; beberapa mineral seperti: Kalsium, Kalium, Natrium, Magnesium, Seng, Besi, Mangan, Tembaga, Nikel, dan Kobalt; serat; dan vitamin seperti totrienol. Beberapa pigmen bermanfaat juga terkandung didalam mikroalga ini [9]. Mikroalga memiliki kelebihan dibandingkan dengan tanaman yang lain karena kemampuan tumbuh dengan cepat, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, tidak memerlukan area yang luas, serta dapat tumbuh di air laut, air tawar maupun air limbah. Diketahui bahwa mikroalga memiliki kandungan lipid yang cukup tinggi. Komponen utama lipid dari mikroalga adalah triasil gliserida. Mikroalga memiliki kandungan lipid dan asam lemak yang

dapat dikonversi menjadi salah satu energi alternatif biodiesel. Pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biodiesel menjadi pilihan alternatif karena kandungan lipid mikroalga dapat mencapai 80% dari berat kering dan memiliki karakteristik serupa dengan minyak nabati. Kandungan minyak nabati pada mikroalga yang besar mengidentifikasikan tingginya kandungan asam lemak dalam alga [10].

Proses ekstraksi dengan teknik maserasi dilakukan dengan cara pemanasan dan refluks. Yaitu, ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dengan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dan adanya pendingin tegak. Keuntungan menggunakan cara ini ialah ekstraksi dapat berlangsung dengan efisien dan senyawa dalam sampel secara lebih efektif dapat ditarik oleh pelarut [11]. Hasil ekstraksi yang didapatkan selanjutnya akan digunakan sebagai sampel sebagai metode transesterifikasi.

Metode transesterifikasi ini adalah cara paling umum untuk menghasilkan biodiesel, dimana dalam reaksi ini trigliserida bereaksi dengan bahan pembentuk biodiesel lainnya seperti metanol dan CaO. Pelarut yang sering digunakan pada metode transesterifikasi biodiesel ini selain metanol yaitu NaOH, karbonat, alkoksida seperti natrium metoksida, CO_2, natrium propoksida, dan natrium butoksida. Pada metode ini terjadi reaksi pembentukan antara trigliserida yang terkandung dalam bahan baku dengan metanol sebagai pelarut dengan bantuan katalis. Trigliserida dalam proses reaksi dapat menghasilkan metil ester asam lemak dan gliserol dan lapisan gliserol akan mengendap pada bagian bawah dalam sampel biodiesel yang ada [12]. Proses pembuatan biodiesel dari mikroalga *Nannochloropsis sp* ini terdiri dari 4 tahap; yaitu: ekstraksi mikroalga, preparasi katalis, proses transesterifikasi dan purifikasi biodiesel. Ekstraksi mikrolaga *Nannochloropsis sp* ini dilakukan dengan menggunakan pelarut organik heksana/isopropanol (3:2) dengan metode maserasi hingga didapatkan minyak dari mikroalga. Katalis yang akan digunakan adalah CaO/*Hydrotalcite* dengan variabel % w/w jumlah katalis terhadap minyak mikroalga yaitu 5%. Minyak mikroalga yang telah didapat selanjutnya melalui proses transesterifikasi untuk dijadikan biodiesel dengan variabel rasio molar minyak mikroalga dan metanol 1:5, 1:15, 1:25 dan variabel % $^{w}/_{w}$ jumlah katalis terhadap minyak mikroalga. Biodiesel yang telah terbentuk selanjutnya dipisahkan dari pelarutnya.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental di laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Pabrik IA PT Petrokimia Gresik. Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) proses ekstraksi mikroalga menggunakan metode maserasi; 2) proses transesterifikasi minyak alga dengan bantuan katalis heterogen CaO/*Hydrotalcite* dan 3) proses purifikasi biodiesel yang telah didapatkan. Mikroalga *Nannochloropsis sp* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan mikroalga berbentuk cairan yang diperoleh dari Ugoplankton di daerah Kulon progo, Yogyakarta.

Proses Ekstraksi

Cairan alga *Nannochloropsis sp* sebanyak 100 mL dimasukkan kedalam alat labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan termometer. Kemudian pelarut heksana:isopropanol (3:2) dimasukkan kedalam labu leher tiga dengan rasio perbandingan alga : pelarut (1:6 mL/mL). Pada proses ini, waktu yang digunakan selama 5 jam dengan menggunakan temperatur operasi 70 ^{0}C. Kemudian tahap berikutnya adalah proses pemisahan antara hasil ekstraksi dengan pelarut heksana:isopropanol (3:2) yang masih tersisa dalam hasil ekstraksi tersebut.

Proses Transesterifikasi

Pada proses ini minyak alga sebanyak 20 gr dimasukkan kedalam alat labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan termometer. Kemudian pelarut metanol 99,8% dimasukkan kedalam labu leher tiga sesuai dengan variasi rasio molar perbandingan minyak alga:pelarut (1:5;

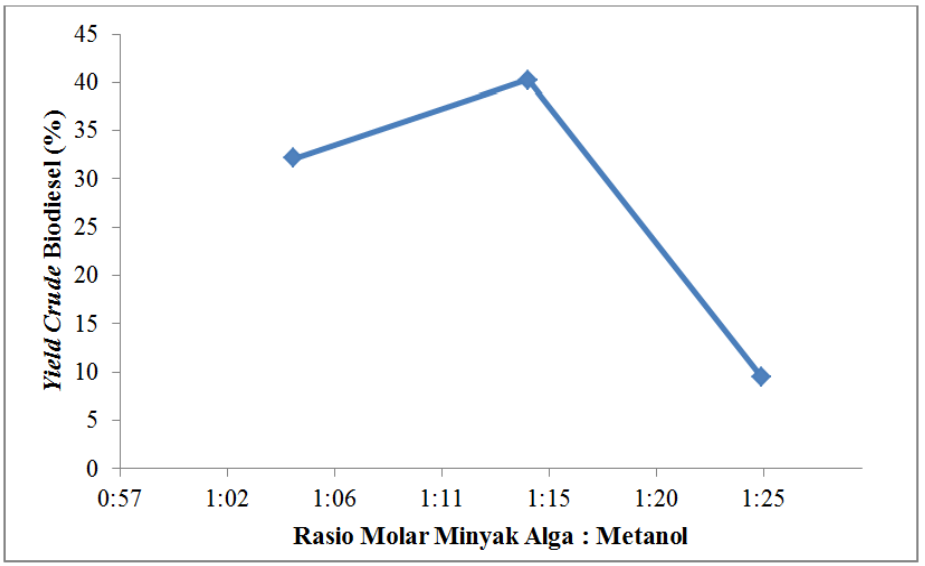
1:15; 1:25 mL/mL). Kemudian ditambahkan katalis CaO/*Hydrotalcite* sebanyak 5% $^{w}/_{w}$ dari massa minyak alga *Nannochloropsis sp*. Pada proses ini, waktu yang digunakan selama 8 jam dengan menggunakan temperatur operasi 65 ^{0}C.

Purifikasi biodiesel

Yield crude biodiesel yang telah didapatkan dari proses transesterifikasi selanjutnya disaring menggunakan corong *buchner* dengan bantuan pompa vakum. *Crude* biodiesel yang terbentuk dilapisan atas dipisahkan dari metanol dan gliserol pada lapisan bawah menggunakan corong pemisah. Kemudian pada *crude* biodiesel dilakukan pencucian dengan menggunakan *aquadest* sebanyak 2 kali untuk selanjutnya dipisahkan antara *crude* biodiesel dengan *aquadest* menggunakan corong pemisah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Variasi Rasio Molar Minyak Alga : Metanol terhadap *Yield Crude* Biodiesel

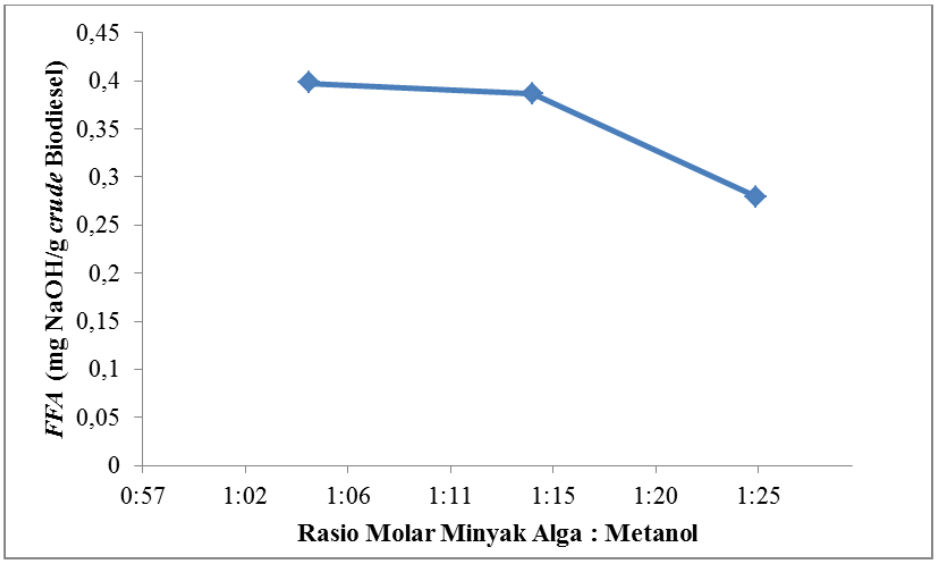


Gambar 1. Grafik Hubungan Rasio Molar Minyak Alga : Metanol terhadap *Yield Crude* Biodiesel dengan penambahan katalis 5% terhadap minyak alga

Berdasarkan **Gambar 1** menunjukkan pengaruh rasio molar minyak alga dan metanol terhadap *yield crude* biodiesel yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan rasio molar minyak mikroalga dan metanol 1:15 menghasilkan *yield crude* biodiesel tertinggi sebesar 40,32%. Pada proses transesterifikasi, keberadaan senyawa metanol berfungsi untuk mengubah kandungan trigliserida pada minyak alga menjadi metil ester, sehingga jumlah metanol harus mencukupi untuk mengkonversi seluruh trigliserida. Hal ini dikarenakan reaksi transesterifikasi termasuk reaksi *reversible*, sehingga penambahan jumlah metanol diharapkan dapat menekan laju reaksi ke arah produk yaitu biodiesel. Hal ini sesuai dengan masih adanya asam lemak bebas sisa yang tidak bereaksi cenderung dapat menghambat reaksi pembentukan metil ester sehingga hasil kadar *FAME* yang didapat kecil dan pengaruh penggunaan metanol dalam jumlah yang berlebih dapat menyebabkan reaksi cenderung ke arah produk sehingga konversi *FAME* semakin besar dan *yield* yang diperoleh pun semakin besar [13]. Hasil penelitian ini sesuai dengan bahwa rasio molar minyak dan metanol 1:20 akan menghasilkan kadar *FAME* yang lebih besar dibandingkan dengan rasio molar 1:15 dan 1:10 yaitu sebanyak 5,55% [13]. Pada penelitian ini

ketika penggunaan rasio molar minyak alga dan metanol 1:25 *yield crude* biodiesel yang didapatkan menurun. Hal ini dimungkinkan karena semakin banyak penggunaan metanol maka reaksi akan semakin cepat berlangsung, namun dikarenakan reaksi yang bersifat *reversible* maka produk yang sudah terbentuk dapat dimungkinkan kembali ke arah reaktan.

Pengaruh Variasi Molar Rasio Minyak Alga : Metanol terhadap *FFA Yield Crude* Biodiesel



Gambar 2. Grafik Hubungan Pengaruh Variasi Molar Rasio Minyak Alga : Metanol terhada *FFA Yield Crude* Biodiesel dengan penambahan katalis 5% terhadap minyak alga

Berdasarkan **Gambar 2** menunjukkan pengaruh variasi molar rasio minyak alga : metanol terhadap *FFA*. Variasi molar rasio yang menghasilkan *FFA* terendah berdasarkan **Gambar 2** adalah rasio molar 1:25 dengan *FFA* biodiesel yaitu sebesar 0,2789 mg NaOH/g. Berdasarkan **Gambar 2** secara umum perolehan *FFA* akan mengalami penurunan ketika rasio molar minyak alga : metanol semakin banyak. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa semakin besar rasio molar minyak dan metanol akan mengurangi kadar *FFA* yang terdapat dalam minyak, dimana rasio molar metanol:PFAD 1:7 memiliki kandungan *FFA* sebesar 35,94% lebih kecil daripada kandungan *FFA* pada rasio molar metanol:PFAD 1:4 sebesar 55,81% [14].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar perbandingan rasio molar minyak alga : metanol maka semakin banyak *yield crude* biodiesel yang didapatkan tetapi hasil yield crude biodiesel akan menurun ketika rasio molar minyak alga : metanol melebihi 1:15. Dan juga, semakin besar perbandingan rasio molar minyak alga : metanol maka semakin rendah kandungan *FFA* yang terdapat dalam *yield crude* biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Fitriyatus, A. Fauzi, dan B. Juanda, "Prediction ofFuel Supply and Consumption in Indonesia with System Dynamics Model," *J. Ekon. dan Pembang. Indones.*, vol. 17, no. 2, hal. 118–137, 2018.

[2] V. C. Akubude, K. N. Nwaigwe, dan E. Dintwa, "Production of biodiesel from microalgae via nanocatalyzed transesterification process: A review," *Mater. Sci. Energy Technol.*, vol. 2, no. 2, hal. 216–225, 2019, doi: 10.1016/j.mset.2018.12.006.

[3] H. Hindarso, Aylianawati, dan M. E. Sianto, "Biodiesel production from the microalgae nannochloropsis by microwave using CaO and MgO catalysts," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 4, no. 1, hal. 72–76, 2015, doi: 10.14710/ijred.4.1.72-76.

[4] M. Mahfud, U. Kalsum, dan V. Aswie, "Biodiesel production through catalytic microwave in-situ transesterification of microalgae (Chlorella sp.)," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 9, no. 1, hal. 113–117, 2020, doi: 10.14710/ijred.9.1.113-117.

[5] S. Oko dan M. Feri, "Pengembangan Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam dengan Impregnasi KOH dan Aplikasinya Terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak," *J. Teknol. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 11, no. 2, hal. 103–110, 2019, doi: https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.11.2.103-110.

[6] E. Heraldy, E. Pramono, dan Y. G. Aprilliaa, "Pembuatan Ca-Mg-Al Hydrotalcite-like compound dari Brine Water untuk menjerap Cr(VI)," *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 15, no. 1, hal. 124, 2019, doi: 10.20961/alchemy.15.1.27032.124-137.

[7] A. Wibowo, H. Febriansyah, dan S. Suminto, "Pengembangan Standar Biodiesel B20 Mendukung Implementasi Diversifikasi Energi Nasional," *J. Stand.*, vol. 21, no. 1, hal. 55, 2019, doi: 10.31153/js.v21i1.736.

[8] K. Khotimah, "Membangun Ketahanan Energi Pendukung Pertahanan Maritim Melalui Pemanfaatan Mikroalga Sebagai Biodiesel Bagi Masyarakat Pesisir," *J. Pertahanan Bela Negara*, vol. 8, no. 1, hal. 67–84, 2018, doi: 10.33172/jpbh.v8i1.266.

[9] D. Fithriani, D. Ambarwaty, dan Nurhayati, "Identification of bioactive compounds from Nannochloropsis sp.," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 404, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/404/1/012064.

[10] W. D. P. Rengga, A. B. Prayoga, A. Asnafi, dan B. Triwibowo, "Ekstraksi minyak mikro-algae Skeletonema costatum dengan bantuan gelombang ultrasonik," *J. Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, vol. 3, no. 1, hal. 1–5, 2019.

[11] S. Susanty dan F. Bachmid, "Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Refluks Terhadap Kadar Fenolik dari Ekstrak Tongkol Jagung (Zea mays L.)," *J. Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 87, 2016, doi: 10.24853/konversi.5.2.87-92.

[12] J. A. Lametige, H. F. Sangian, A. Tanauma, dan J. Rombang, "Penerapan Metode Transesterifikasi Subkritis Mendekati Isokorik dalam Pembuatan Biodiesel," *J. MIPA*, vol. 9, no. 1, hal. 10, 2020, doi: 10.35799/jmuo.9.1.2020.27081.

[13] E. Ningsih, Y. W. Mirzayanti, A. C. Niam, P. Febrianita, dan W. Vangesti, "Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Menggunakan Katalis Ca/Hydrotalcite," *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, vol. 4, no. 1, hal. 16, 2019, doi: 10.33366/rekabuana.v4i1.1023.

[14] M. A. Hidayat, N. Aini, T. K. Itats, J. Arief, R. Hakiem, dan N. Surabaya, "Katalis Asam Oksalat," hal. 123–128, 2016.