# Pembuatan Biodiesel dari Mikroalga *Nannochloropsis sp.* Menggunakan Metode Transesterifikasi *Insitu* dengan Bantuan Katalis Asam Sulfat

Rachmad Edo S[1], Yulia Vinata[2], dan Yustia Wulandari[3*]

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
[*]*email: yustiawulandari_che@itats.ac.id*

***ABSTRACT***

*Biodiesel is one of the alternative energies with great potential as a solution to a very limited source of fossil energy. However, the raw material for biodiesel has constraints, namely a relatively long harvest period and it collides with human food needs such as corn and palm oil. Microalgae are an alternative solution that can be used because they contain high oil and fast growth. The microalgae used in this study were Nannochloropsis sp. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the molar mass ratio of microalgae:solvent on the yield of crude biodiesel and the resulting FFA. The method used is the insitu transesterification method, which stages the extraction and transesterification processes carried out simultaneously in one container, then continued with the distillation process (purification). The materials used were microalgae nannochloropsis sp., n-hexane, methanol, and sulfuric acid and the tools used were a series of in-situ transesterification and distillation tools. The variables in this study were the concentration of sulfuric acid catalyst 5%v/v and the mole ratio of methanol:mass of microalgae 3:1, 7:1, and 9:1. Based on the research that has been done, the highest crude biodiesel yield value and the lowest FFA value were obtained at the molar ratio of 1 microalgae mass: 7 methanol by 12% and the biodiesel FFA value of 0.399 mgNaOH/g.*

***Keywords****: Nannochloropsis sp., Extraction, distillation, microalgae, in-situ transesterification.*

**ABSTRAK**

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang sangat potensial sebagai solusi sumber energi fosil yang sangat terbatas.. Namun, bahan baku biodiesel memiliki kendala yaitu masa panen yang relatif lama dan tenbentur dengan kebutuhan pangan manusia seperti jagung dan kelapa sawit. Mikroalga merupakan solusi alternatif yang dapat digunakan karena mengandung minyak yang cukup tinggi dan pertumbuhan yang cepat. Mikroalga yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Nannochloropsis sp.* Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi rasio molar massa mikroalga:pelarut terhadap *yield crude* biodiesel dan *FFA* yang dihasilkan. Metode digunakan yaitu metode transesterifikasi *insitu* yang tahapannya yaitu proses ektraksi dan transesterifikasi dilakukan secara bersamaan dalam satu wadah, kemudian dilanjutkan dengan proses destilasi (pemurnian). Bahan yang digunakan adalah mikroalga *nannochloropsis sp*., n-heksana, metanol, dan asam sulfat serta alat yang digunakan adalah rangkaian alat transesterifikasi *insitu* dan alat destilasi. Variabel pada penelitian ini adalah konsentrasi katalis asam sulfat 5 %v/v dan mol rasio metanol:massa mikroalga 3:1, 7:1, dan 9:1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai yield crude biodiesel tertinggi dan nilai FFA terendah didapatkan pada rasio molar 1 massa mikroalga : 7 metanol sebesar 12 % dan nilai FFA biodiesel sebesar 0,399 mgNaOH/g.

**Katakunci :** *Nannochloropsis sp***,** ekstraksi, destilasi**,** mikroalga, trasnseterifikasi *insitu*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi global saat ini dipenuhi oleh penggunaan sumber energi fosil yang meliputi minyak bumi, gas alam dan batu bara, sehingga mengakibatkan semakin menipisnya bahan bakar fosil di tingkat dunia, peningkatan harga bahkan hingga adanya masalah lingkungan

yang serius seperti efek rumah kaca, hujan asam, kerusakan hutan, penipisan ozon, eutrofikasi dan asap fotokimia. Sumber energi berbasis bahan bakar fosil ini memang sangat terbatas, ditunjang dengan permintaan energi yang terus meningkat, maka perlu dilakukan pencarian terhadap sumber energi alternatif yang efisien secara ekonomi, berkeadilan sosial, dan ramah lingkungan [1] Untuk mengatasi hal tersebut, saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai pembuatan biodiesel. Dimana biodiesel adalah salah satu bahan bakar terbarukan yang berasal dari minyak nabati yang digunakan untuk menggantikan petroleum diesel. Biodiesel tersusun dari berbagai macam ester asam lemak yang dapat diproduksi dari minyak tumbuhan maupun lemak hewan [2]. Namun, pembuatan biodiesel dari minyak tumbuhan seperti jagung, kedelai, jarak dan sawit memiliki kekurangan yaitu waktu panen tanaman yang berjarak 3 bulan hingga 5 tahun agar tanaman produktif menghasilkan minyak. Tidak hanya itu, menggantungkan substitusi minyak dari minyak jagung, kedelai, dan minyak kelapa sawit akan berbenturan dengan kepentingan konsumsi pangan manusia dan apabila minyak tersebut tetap diproduksi untuk mensubstitusi minyak bumi harganya tidak kompetitif. Sedangkan, proses pembuatan biodiesel dari lemak hewan dirasa belum optimal. Lemak hewan mengandung asam lemak bebas dan kandungan air yang tinggi yang dapat menurunkan kualitas biodiesel tersebut. Selain itu lemak hewan masih dibutuhkan dalam kepentingan konsumsi dan pembuatan produk-produk oleokimia. Oleh sebab itu, perlu dicari bahan alam lain yang berpotensi dalam pembuatan biodiesel. Salah satu sumber alam yang berpotensi menjadi biodiesel adalah biomassa mikroalga.

Biomassa mikroalga mendapat prioritas utama, karena memiliki beberapa keunggulan komperatif dibandingkan dengan biomassa nabati lainnya. Keunggulan dari biomassa mikroalga yaitu merupakan bahan bakar energi yang dapat diperbarui dan mempunyai kemampuan dalam pengurangan emisi gas $CO_2$. Selain itu mikroalga juga memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi sehingga masa panennya lebih cepat, mempunyai kandungan lipid yang tinggi, ramah lingkungan, nilai emisinya yang rendah, dan dapat diperbarui [3]. Salah satu jenis mikroalga yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu mikroalga *Nannochloropis sp*. Mikroalga ini lebih dikenal dengan *Chlorella* laut yang memiliki keunggulan-keunggulan yaitu nilai nutrisinya sangat tinggi, keberadaannya di alam sangat melimpah, mudah dikultur secara massal, pertumbuhanya relatif cepat sehingga masa panennya menjadi singkat dan kandungan lipid yang cukup tinggi yaitu sebesar 31-68 % sehingga cocok dijadikan sebagai bahan baku biodiesel [4]. Secara umum proses dalam pembuatan biodiesel dengan metode konvesional dilakukan dengan mengekstrak lipid dari mikroalga menggunakan pelarut organik dan dilanjutkan dengan mentransesterifikasinya. Namun proses pembuatan biodiesel ini tidak ekonomis dan kurang efektif dilakukan karena waktu yang lebih lama , proses yang membutuhkan suhu tinggi, dan banyak menggunakan pelarut organik [5]. Untuk mengatasi masalah tersebut, saat ini telah dikembangkan proses secara non-konvesional yang mengkombinasikan dua langkah menjadi satu langkah yaitu proses transesterifikasi *insitu* yang akan dibahas pada penelitian kali ini. Transesterifikasi *insitu* ini merupakan suatu metode baru pembuatan biodiesel yang sedang dikembangkan dengan tujuan untuk memperpendek waktu proses produksi biodiesel. Proses produksi biodiesel dengan reaksi transesterifikasi ini merupakan metode paling efisien dikarenakan proses ekstraksi dan transesterifikasi bahan baku menjadi produk biodiesel dapat dihasilkan dalam satu kali proses secara simultan [6]. Penelitian sebelumnya mengenai pembuatan biodiesel dari mikroalga *chlorella sp.* dengan Metode *Microwave Assisted Transesterification* secara *Insitu* [7].

Pada Penelitian ini akan dilakukan penelitian menggunakan mikroalga *Nannochloropis* sp. sebagai bahan baku biodiesel dengan bantuan katalis homogeny (asam sulfat). Produksi biodiesel dengan menggunakan katalis homogen (asam sulfat) memiliki kelebihan yaitu proses produksi yang berlangsung secara cepat, bahan yang mudah diperoleh dan harga yang relatif murah.

## TINJAUAN PUSTAKA

Secara kimiawi, biodiesel dapat diartikan sebagai bahan bakar yang mengandung monoalkil ester dari asam lemak rantai panjang yang dapat diperoleh dari lemak nabati maupun hewani. Beberapa keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar konvensional lainnya terletak pada beberapa hal yaitu biodiesel mampu mereduksi emisi gas-gas berbahaya seperti CO, NOx, SOx, $O_3$, dan sifatnya yang dapat diperbarui serta *non-toxic*. Komponen karbon dalam minyak atau lemak berasal dari karbon dioksida di udara, sehingga biodiesel dianggap tidak menyumbang pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil. Mesin diesel yang beroperasi dengan menggunakan biodiesel menghasilkan emisi karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, partikulat, dan udara beracun yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum [8]. Salah satu bahan baku potensial yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah mikroalga.

Mikroalga adalah organisme tercepat di dunia dalam berfotosintesis dan spesiesnya yang mengandung minyak yang tinggi dan dapat menghasilkan *yield* minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan penghasil minyak seperti kelapa sawit, jarak pagar, dan lain-lain. Selain itu Mikroalga dapat tumbuh dimana saja, baik di ekosistem perairan maupun di ekosistem darat. Keuntungan budidaya mikroalga dapat menghasilkan biomassa 50 kali lebih besar dibandingkan tumbuhan yang lebih tinggi lainya [9]. Keuntungan dari minyak mikroalga Nannochoropsis sp. adalah belum menjadi komoditi pangan sebagaimana minyak kedelai, bunga matahari, dan sawit [10]. Setiap sel mikroalga mengandung campuran kompleks konstituen yang berbeda seperti lipid, karbohidrat, protein, pigmen dan komponen sel lainnya. Nilai lipid adalah prasyarat yang signifikan untuk menentukan kesesuaian mikroalga dalam memproduksi biofuel komersial. Umumnya, mikroalga dapat mengandung 30-80% lipid . Lipid umumnya larut dalam pelarut nonpolar (organik) tetapi tidak dapat larut dalam pelarut polar (air) karena adanya hidrofobik rantai. Oleh karena itu, mereka mudah diekstraksi menggunakan metode ekstraksi pelarut organik [11].

*Nannocloropsis sp.* adalah mikroalga yang memiliki sel tunggal yang hidup di air laut dan air tawar. Ciri-ciri mikroalga ini adalah tidak adanya klorofil b dan pigmen anthopyll selular. Mikroalga ini memiliki potensi besar untuk tujuan eksploitasi bioteknologi kelautan karena memiliki kandungan lipid yang tinggi. Jenis ini digunakan sebagai sumber makanan untuk binatang laut dalam akuakultur dan menarik bagi industri kimia dan biomedis karena menghasilkan sejumlah besar *glycerolipids* yang diperkaya dengan asam lemak tak jenuh ganda (asam *eicosapentaenoic*) dan pigmen penting. Dalam pembuatan biodiesel menggunakan mikroalga sebagai bahan baku dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti metode pengepresan (*Could Oil Extraction*), metode sokletasi, metode pelarut heksana (*Hexane Solvent Oil Extraction*), metode ekstraksi fluida superkritis (*Supercritical Fluid Extraction*), Metode *Microwave Assisted Extraction (MAE),* dan metode transesterifikasi *insitu* dengan Katalis Asam homogen. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode transesterifikasi *insitu* dimana ada proses transesterifikasi insitu, proses ekstraksi minyak dan reaksi transesterifikasi minyak menjadi biodiesel terjadi secara simultan dalam satu kali proses. Transesterifikasi *insitu* merupakan penyederhanaan dari proses konvensional dengan menghilangkan proses ekstraksi minyak, degumming dan esterifikasi sehingga proses produksi biodiesel dapat diperpendek.

## METODE

Penelitian "Pembuatan biodiesel dari mikroalga *Nannochloropsis sp.* dengan metode Transesterifikasi *Insitu* menggunakan asam sulfat sebagai katalis" ini dilakukan di Laboratorium Pabrik IA PT Petrokimia Gresik. Bahan baku yang digunakan adalah mikroalga *Nannochlopsis sp* yang didapatkan dari Ugo Plankton dalam bentuk cair. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu ektrasi-transesterifikasi (transesterifikasi *insitu*) mikroalga dan destilasi.

Transesterifikasi insitu pada penelitian ini menggunakan metanol yang bertindak sebagai pengektrak sekaligus reaktan, dan menggunakan katalis homogen yang bersifat asam yaitu asam sulfat.

**Transesterifikasi *Insitu***

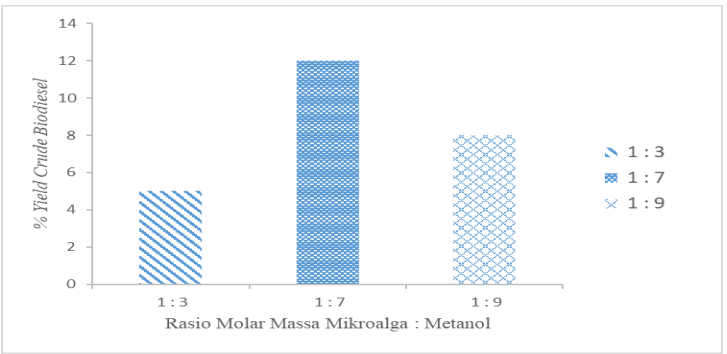
Tahapan pertama, Mikroalga *Nannochloropsis sp* ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Selanjutnya, menambahkan metanol dan asam sulfat ke dalam labu leher tiga sesuai variabel yang ditetapkan. Kemudian melakukan proses transesterifikasi secara *insitu* menggunakan *hotplate* (pemanas) yang berlansung selama 8 jam pada suhu 65 ℃ disertai dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Setelah 8 jam (setelah reaksi selesai), langkah selanjutnya yaitu mendinginkan campuran hasil transesterifikasi insitu. Pendinginan ini dilakukan selama ± 30 menit yang bertujuan untuk mencegah terjadinya penguapan *solvent* (metanol) dalam pemisahan filtrat dan residu pada tahap selanjutnya. Campuran dari transesterifikasi insitu difiltrasi dengan filter vakum untuk memisahkan residu (endapan) dengan filtratnya. Residu kemudian dicuci dengan 50 ml pelarut n-heksana dengan tujuan agar minyak yang tertinggal di residu dapat diperoleh kembali. Selanjutnya lakukan pemisahan didalam labu pisah dengan menggunakan pelarut n-heksana sebanyak 50 ml untuk memisahkan minyak dengan gliserol. Pemisahan dalam labu pisah ini akan terbentuk 2 lapisan yaitu lapisan atas (campuran *FAME*, heksana, sisa trigliserida dan *free mineral acid (FFA*) dan lapisan bawah Lapisan bawah (campuran metanol, air, sisa trigliserida, *free mineral acid* (*FFA)* dan gliserol). Lapisan atas sebagai hasil dari proses transesterifikasi kemudian dicuci dengan akuades pada suhu 50 ℃ untuk mengikat sisa katalis, gliserol, dan garam-garam yang ada dalam campuran. Selain itu, penambahan akuades ini juga bertujuan untuk menghentikan jalannya reaksi transesterifikasi.

**Destilasi**

Lapisan atas dari hasil transesterifikasi *insitu* didestilasi di dalam labu didih pada suhu 70 ℃ yang bertujuan untuk memisahkan minyak dengan pelarut n-heksana. Destilasi dihentikan setelah pelarut n-heksana telah menguap semua ditandai dengan tidak adanya tetesen embun di wadah penampung pada ujung alat pendingin. Minyak hasil dari destilasi kemudian dipanaskan di oven pada suhu 80 ℃ selama 2 jam yang bertujuan untuk menguapkan air yang masih ada didalam minyak. Proses selanjutnya, minyak didinginkan selama ± 30 menit dan dilakukan uji *yield crude* biodiesel dan uji *FFA* (bilangan asam).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

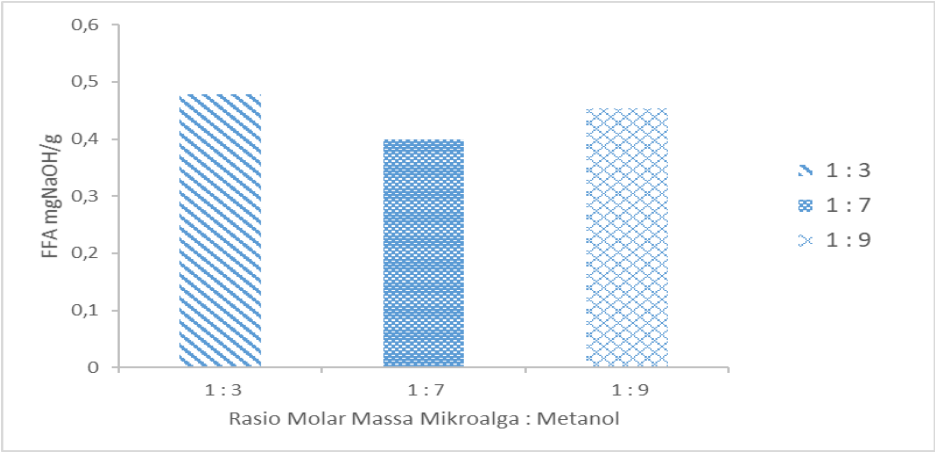
### Pengaruh Variasi Molar Rasio Massa Mikroalga : Metanol Terhadap *Yield Crude* Biodiesel Yang Dihasilkan



Gambar 1. Grafik Pengaruh Molar Rasio Massa Mikroalga : Metanol Terhadap *Yield Crude* Biodiesel Yang Dihasilkan dengan Konsentrasi Katalis Asam Sulfat 5 %v/v

Berdasarkan **Gambar 1**, menunjukkan bahwa perbandingan rasio molar massa mikroalga : metanol 1:7 menghasilkan *yield crude* biodiesel tertinggi sebesar 12 %. Namun, pada rasio molar 1:9 mengalami penurunan yield. Hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya oleh Puji dkk, (2019), didapatkan peningkatan pada *yield crude* biodiesel dengan pada ratio molar 1:3, 1:5 dan 1:7, dimana perbandingan 1:7 sudah mencapai titik kesetimbangan. Sementara pada rasio molar massa : pelarut 1:9 mengalami penurunan nilai *yield crude* biodiesel. Hal ini dikarenakan semakin tinggi perbandingan metanol yang digunakan maka semakin tinggi pula kadar gliserol yang dihasilkan. Kadar gliserol yang terlalu tinggi akan mendorong reaksi berbalik ke arah kiri membentuk monogliserida sehingga *yield crude* biodiesel akan semakin menurun. Kelebihan katalis asam sulfat yaitu katalis ini lebih cepat bercampur ke dalam sebuah campuran reaksi, yang bisa memungkinkan tingkat yang sangat tinggi dari interaksi antar molekul katalis dan reaktan sehingga dapat mempercepat proses transesterifikasi yang berjalan lambat. Namun, pengaruh kelebihan katalis (*excess* asam sulfat) akan menyebabkan larutan berwarna lebih gelap, karena terbentuk dimetil eter dari reaksi antara *excess* asam sulfat dan metanol sehingga akan menyebabkan penurunan *FFA* berjalan lebih lambat akibat berkurangnya jumlah metanol yang bereaksi dengan asam lemak bebas. Selain itu kelebihan katalis asam akan terikut pada lapisan organik. Lapisan organik tersebut akan digunakan kembali pada reaksi transesterifikasi *insitu*. Kondisi seperti ini mampu menurunkan *yield* metil ester [12].

**Pengaruh Variasi Molar Rasio Massa Mikroalga : Metanol Terhadap *FFA* Yang Dihasilkan pada Kosentrasi Katalis Asam Sulfat 5%v/v**




Gambar 2. Grafik Pengaruh Molar Rasio Massa Mikroalga : Metanol Terhadap *FFA* Biodiesel Yang Dihasilkan dengan Konsentrasi Katalis Asam Sulfat 5 %v/v

Berdasarkan **Gambar 2.** variasi Molar Rasio yang menghasilkan *FFA* terendah adalah sebesar 0,399 mg NaOH/g pada molar rasio 1:7. Secara umum perolehan *FFA* akan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan pebandingan molar massa mikroalga dengan pelarut. Penurunan bilangan asam ini disebabkan asam lemak/*FFA* terkonversi menjadi metil ester [13]. Akan tetapi, terdapat pengecualian pada molar rasio 1:9 karena mengalami peningkatan dengan kadar sebesar 0,453 mgNaOH/g. menurut Apriani dkk, (2008) hal ini terjadi karena konsentrasi metanol ditingkatkan atau dikurangi terhadap kondisi optimumnya, tidak ada peningkatan yang berarti dalam produksi biodiesel tetapi kelebihan atau kekurangan konsentrasi methanol mengakibatkan pembentukan gliserol sehingga *FFA* tidak terkonversi dengan baik menjadi metil ester [14]. Bilangan asam yang didapatkan berpengaruh terhadap kualitas biodiesel, semakin

tinggi bilangan asam pada biodiesel maka semakin rendah kualitas biodiesel tersebut. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi daya simpan dan tingkat korosifitasnya terhadap mesin [15]. Selain itu, bilangan asam yang tinggi tidak hanya membuat deposit dalam sitem bahan bakar tetapi juga menurunkan kualitas komponen sistem bahan bakar [16]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Indah, dkk (2015) menunjukkan hasil bilangan asam dengan katalis basa jauh lebih rendah dibandingkan menggunakan katalis asam. Dalam penelitian ini, didapatkan nilai bilangan asam untuk katalis basa sebesar 0,48 dan katalis asam sebesar 0,73. Hal ini disebabkan karena sifat basa dari katalis basa akan menetralisir/menurunkan *FFA* dalam bahan baku ataupun produk biodiesel.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu *yield crude* biodiesel tertinggi pada penelitian ini didapatkan pada variasi molar rasio massa mikroalga : metanol dengan perbandingan 1:7 sebesar 12 % dan *yield crude* biodiesel terendah didapatkan pada variasi molar massa mikroalga : metanol dengan perbandingan 1:3 sebesar 5 %. Untuk nilai *FFA* biodiesel, didapatkan nilai tertinggi pada variasi molar rasio massa mikroalga : metanol dengan perbandingan 1:3 sebesar 0,479 mgNaOH/g dan nilai *FFA* biodiesel terendah didapatkan pada variasi molar rasio massa mikroalga : metanol dengan perbandingan 1:7 sebesar 0,399 mgNaOH/g.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Mahfud, M. (2018). Biodiesel Perkembangan Bahan Baku Dan Teknologi. Surabaya : PMN
[2] Ari, Wibowo., Febriansyah, H., & Suminto, S. (2019). Pengembangan Standar Biodiesel B20 Mendukung Implementasi Diversifikasi Energi Nasional. *Jurnal Standardisasi*, *21*(1), 55.
[3] Musdalifah, M., Rustam, Y., & Amini, S. (2015). Kultivasi dan Ektraksi Minyak dari Mikroalga Botryococcus braunii DAN Nannochloropsis sp. *Bioma*, *11*(2), 98.
[4] Herman, M., Pranolo, S. H., & Dyartanti, E. R. (2015). Profil Fermentasi Pada Produksi Minyak Mikroalga Menggunakan Nannochloropsis Oculata dalam Medium BG-11. *Ekuilibium*, *14*(2), 63–67.
[5] Murtiningrum, M., & Firdaus, A. (2015). Perkembangan Biodiesel Di Indonesia Tinjauan Atas Kondisi Saat Ini, Teknologi Produksi & Analisis Prospektif. *Jurnal PASTI*, *9*(1), 35–45.
[6] Mahlinda, M., & Busthan, M. (2018). Transesterifikasi In Situ Biji Kemiri (Aleurites moluccana L) Menggunakan Metanol Daur Ulang dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Agritech*, *37*(3), 295.
[7] Renova P., Wa Ode M., (2017). *Pembuatan Biodiesel dari Mikroalga Chlorella sp. dengan Metode Microwave Assisted Transesterification secara Insitu. http://repository.its.ac.id/44269/*
[8] Retno. A (2017). *Pengambilan Minyak Mikroalga Chlorella sp. dengan Metode Microwave Assisted Extraction*. *3*(1), 34–41. https://doi.org/10.15294/jbat.v3i1.5764
[9] Wildan, Hindarso, H., Aylianawati, & Sianto, M. E. (2015). *Biodiesel Production from The Microalgae Nannochloropsis by Microwave Using CaO and MgO Catalysts*. *International Journal of Renewable Energy Development*, *4*(1), 72–76
[10] Adhyk, Wati, Sylvia A. (2015). Ekstraksi Minyak dari Mikroalga Jenis Chlorella sp. Berbantukan Ultrasonik. *Jurnal Universitas Dipenogoro*.
[11] Suchit Deshmukh, dkk., (2019). Microalgae biodiesel: A review on oil extraction, fatty acid composition, properties and effect on engine performance and emissions. *Fuel Processing Technology*, *191*(February), 232–247

[12] Luluk ., Rice, P., Fitriyana, L. A., & Kadarwati, S. (2012). PRODUKSI BIODIESEL DARI DEDAK PADI (Rice Bran) MELALUI DUA TAHAP REAKSI IN-SITU. *IJCS - Indonesia Journal of Chemical Science*, *1*(2).

[13] Mappapa, I. A. (2015). *YANG DIHASILKAN PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI IN SITU*. *2012*, 115–120.

[14] Sartika, A., Program Studi, M. S., & Kimia Fisika Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, B. (2015). ESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN KATALIS H2SO4 DAN TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS CaO DARI CANGKANG KERANG DARAH: VARIASI KONDISI ESTERIFIKASI. *Jom Fmipa*, *2*(1), 178–185.

[15] Lilla, F. (2019). pengaruh perbandingan minyak/metanol dan waktu reaksi terhadap hasil biodiesel dengan metode sonikasi berbahan baku ampas kelapa dengan katalis CaO. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

[16] Indah A.M, Indah P., (2015). Pengaruh Katalis Asam dan Basa Terhadap Biodiesel Yang Dihasilkan Pada Proses Transesterifikasi Insitu. *Jurnal Polines National Engineering Seminar* Ari, Z., Rudiyanto, B., & Susmiati, Y. (2016). Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen Cangkang Bekicot (Achatina fulica) dengan Metode Pencucian Dry Washing. *Jurnal Rotor*, *9*(2), 100–104.

*ISSN (print) : 2686-0023*
*ISSN (online) : 2685-6875*