

POTENSI *Nannochloropsis oculata* DAN *Tetraselmis chuii* SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL

POTENTIAL OF *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chuii* as a BIOETHANOL

Bertoka Fajar SP Negara¹, Irfandi¹, Nining Nursalim¹, Nurlaila Ervina Herliany¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Sumatera, Bengkulu 38371, Indonesia

Korespondensi : bfsp_negara@yahoo.com

ABSTRAK

Bahan bakar fosil yang semakin menipis menimbulkan permasalahan baru dalam mewujudkan ketahanan energi didunia. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan bersifat terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi biomassa *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii*. Kultur *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* selama 5 hari, hidrolisis asam dilakukan dengan menggunakan H₂SO₄ 0,2 M dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 30 menit, fermentasi menggunakan *Saccaromyces cereviciae* selama 5 hari. Hasil hidrolisis *Nannochloropsis oculata* memiliki kadar gula sebesar 4%, hasil fermentasi *Nannochloropsis oculata* mengandung etanol sebanyak 12 mL dengan konsentrasi 4%. Hasil hidrolisis yang dilakukan menghasilkan kadar gula 4%. Hasil fermentasi menghasilkan 1% bioetanol.

Kata kunci : *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, Bioetanol, Hidrolisis, Etanol

ABSTRACT

The decreasing of Fossil fuel make a new problem of stocking of energy in the world. Bioethanol is one of an alternative fuel which is green and renewable. The aim of this study was to calculate the amount of bioethanol through fermentation of *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chuii*. *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chuii* were cultured for 5 days. The hydrolysis used 0.2 M H₂SO₄ at 121 °C and pressure of 1 atm for 30 minutes, fermentation used *Saccaromyces cereviciae* for 5 days. Result showed that the hydrolysis of *Nannochloropsis oculata* produced 4% sugar. The fermentation of *Nannochloropsis oculata* produced 12 mL with the concentration was 4% ethanol. The hydrolysis of *Tetraselmis chuii* produced 4% sugar. The fermentation *Tetraselmis chuii* produced 12 mL with the concentration was 1% bioethanol.

Keywords : *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii*, Bioethanol, Hydrolysis, Ethanol

PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil adalah bahan bakar yang berasal dari pelapukan sisa makhluk hidup yang membentuk minyak bumi, batu bara dan gas alam. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui sehingga akan mengakibatkan menipisnya cadangan

bahan bakar fosil di dalam bumi (Suhartoyo dan Rahmad, 2016). Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dipengaruhi oleh peningkatan populasi manusia diseluruh dunia, menimbulkan permasalahan baru khususnya dalam upaya mewujudkan ketahanan energi nasional di setiap negara. Upaya mengurangi konsumsi masyarakat

terhadap Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah dengan memanfaatkan energi alternatif terbarukan seperti yang tertuang dalam Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, adalah melalui pengembangan energi terbarukan berbasis nabati atau sering disebut Bahan Bakar Nabati (BBN).

Biofuel yang sudah dikembangkan sebagai substitusi Bahan Bakar Nabati (BBN) saat ini adalah biodiesel dan bioetanol. Bioenergi adalah energi terbarukan yang didapatkan dari sumber biologis, umumnya biomassa. Bioenergi yang telah dikembangkan di Indonesia antara lain biogas, biobriket, dan biodiesel, bioetanol. Bioetanol adalah metabolis sekunder dari beberapa jenis khamir yang memanfaatkan glukosa sebagai sumber makanannya. Menurut Nasution *dkk.* (2016) bahan – bahan yang mengandung monosakarida sebagai glukosa dapat langsung di fermentasi menjadi etanol, selain itu karbohidrat kompleks dan disakarida pati harus melalui proses hidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen monosakarida). Bioetanol di Indonesia masih memanfaatkan komoditi pangan seperti ubi kayu dan molase tebu sebagai bahan baku. Pemanfaatan bahan non pangan untuk bahan baku pembuatan bioetanol sangat perlu (Aiman, 2014). Bahan non pangan yang dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol salah satunya mikroalga.

Mikroalga merupakan salah satu organisme yang dapat dinilai ideal dan potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku produksi biofuel. Mikroalga adalah

alga berukuran mikro yang biasa dijumpai di air tawar maupun air laut. Mikroalga mengandung bahan-bahan penting yang sangat bermanfaat, misalnya protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat sehingga bisa dijadikan sebagai sumber bioenergi. Mikroalga mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai salah satu bahan baku penghasil *biofuel*. Beberapa *biofuel* yang dapat dihasilkan dari mikroalga yaitu biohidrogen, biodiesel, bioetanol, dan biogas (Miranda *dkk.*, 2014).

Nannochloropsis (eustigmatophyceae) adalah mikroalga bersel tunggal yang ditemukan di laut dan air tawar. *Nannochloropsis* tersebar luas di lautan seluruh dunia, berperan penting dalam siklus karbon global dan mineral (Fogg, (1995) dalam Yanuhar (2016)). *Nannochloropsis oculata* merupakan sel yang mempunyai ciri-ciri berwarna hijau, tidak berflagela, dan tidak motil. *N. oculata* berbentuk seperti bola (bulat kecil), berukuran 4 – 6 μm . *Tetraselmis chuii* merupakan alga bersel tunggal, mempunyai empat buah flagel berwarna hijau (*green flagella*). *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena mudah dikembangbiakan, tidak membutuhkan lahan yang luas dan tidak bersinggungan dengan bahan pangan. Pemanfaatan *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* sebagai bahan baku bioetanol masih belum dilakukan, serta memerlukan penelitian untuk menemukan bahan baku bioetanol selain dari komoditas pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah

bioetanol yang dihasilkan dari *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen skala laboratorium dengan memfermentasi powder *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* skala laboratorium. Metode eksperimen adalah suatu metode penelitian dengan melakukan tindakan percobaan dibawah kondisi yang dibuat oleh peneliti. Metode tersebut diketahui untuk mengetahui ada tidaknya suatu hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut.

Prosedur Penelitian

Persiapan Media Kultur

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut yang telah disaring dengan kertas buram dan diseterilkan dengan iodine 10 % dan diberikan aerasi ditunggu selama 30 menit hingga iodinenya benar – benar menguap. Sterilisasi wadah kultur hanya melakukan pencucian dengan menggunakan sabun.

Kultur *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii*

Bibit awal *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung. Kultur *N. oculata* dan *Tetraselmis chuii* menggunakan air laut steril yang memiliki salinitas 28 ‰. Air laut steril yang memiliki salinitas diatas 28 ‰ harus melalui proses pengenceran

menggunakan aquades hingga memiliki salinitas 28 ‰. Hal ini dikarenakan salinitas optimum bagi fitoplankton adalah 28 ‰ (Widyawati, 2019).

Kultur *N. oculata* dan *T. chuii* dilakukan dengan menambahkan 1 liter bibit *N. oculata* dan *T. chuii* air laut steril sebanyak 4 liter. Kemudian penambahan pupuk conwy sebanyak 1 mL/L. Penggunaan pupuk conwy sebanyak 1 mL/L merupakan dosis yang baik untuk pertumbuhan *N. oculata* dan *T. chuii* (Yani, 2015). Dalam kultur *N. oculata* dan *T. chuii* memerlukan aerasi guna menyuplai kebutuhan oksigen. Kultur dilakukan di ruang terbuka, untuk melindungi penambahan air hujan dan kontaminasi dari luar diberi tutup dengan plastik trasnparan agar cahaya matahari dapat tetap masuk dan tidak mempengaruhi proses fotosintesisnya. Kultur *N. oculata* dan *T. chuii* dilakukan selama 4 hari sebelum dilakukan pengkulturan ulang dan peningkatan volume atau pemanenan. Kultur *N. oculata* dan *T. chuii* dikultur secara berkala dari volume 5 Liter hingga 15 Liter dengan menggunakan toples.

Kurva Kepadatan

Kurva kepadatan menggunakan 0,1-0,4 mL *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* lalu memasukkannya kedalam *hemocytometer*. Pengamatan kepadatan dilakukan selama 1 kali setiap 24 jam. Penghitungan menggunakan *hemocytometer* yang diamati dibawah mikroskop perbesaran 10x. Kurva pertumbuhan digunakan untuk mengetahui waktu panen yang paling efektif.

Menurut Rizky *et al.*, (2012) penghitungan kepadatan fitoplankton menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah} \frac{\text{sel}}{\text{ml}} = \frac{A + B + C + D + E}{5} \times 25 \times 10^4$$

Keterangan:

A, B, C, D, E : Jumlah sel yang dihitung menggunakan *Hemocytometer* tiap kamar

5 : Jumlah kotak yang diamati dalam kamar

25 : Jumlah seluruh kotak dalam kamar

Pembuatan Powder

Pembuatan pasta *Tetraselmis chuii*. dilakukan saat kultur mencapai puncak populasi. Pembuatan pasta menggunakan NaOH dengan konsentrasi 125 ppm. Pembuatan pasta dimulai dengan memasukkan NaOH ke dalam wadah dan melarutkannya dengan air, dan dilakukan pengadukan selama menuangkan larutan NaOH dengan paralon dan dibantu menggunakan aerasi untuk meratakan NaOH. Setelah NaOH tercampur rata selang aerasi dicabut.

Nannochloropsis oculata dan *Tetraselmis chuii* yang sudah diberi NaOH ditutup agar tidak terkena paparan sinar matahari yang mampu merusak kualitas pasta lalu diamkan selama 24 jam. *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* yang mengendap dipisahkan antara air dan endapan, kemudian di masukan air tawar dan tunggu 3 jam hingga terjadi pemisahan antara air dan endapan. Endapan disaring dengan menggunakan

kain satin dan didiamkan selama 24 jam. Endapan diangin-anginkan hingga kering (Widyawati, 2019).

Hidrolisis

Powder Nannochloropsis oculata dan *Tetraselmis chuii* dicampurkan dengan larutan H₂SO₄ 0,2 M dengan perbandingan 1:20 (1 gram powder *Tetraselmis chuii* : 20 mL H₂SO₄). Campuran *powder Tetraselmis chuii* dan H₂SO₄ dimasukkan kedalam autoklaf selama 30 menit dengan suhu 120°C. Selanjutnya dilakukan penetralan menggunakan NaOH hingga pH 6. Hasil hidrolisis diukur kadar gula reduksinya dengan menggunakan Refraktometer sebagai kadar gula awal (Negara, 2014).

Fermentasi

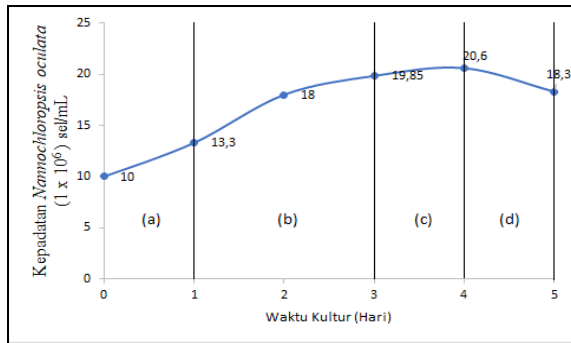
Hasil hidrolisis sebanyak 60 mL dimasukan kedalam erlemeyer 250 mL dan ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* (Fermipan) sebanyak 0,6 gram (1% w/v), urea 0,6 gram (1% w/v) dan NPK 0,6 (1% w/v). Fermentasi dilakukan selama 5 hari pada suhu 30°C (Jaya *dkk.*, 2018).

Destilasi

Hasil fermentasi didestilasi pada suhu 78°C, selama 1 jam (Muin *et al.*, 2014) untuk mendapatkan etanol. Etanol yang diperoleh dihitung jumlahnya (mL) dan diukur kadarnya dengan menggunakan alkohol meter.

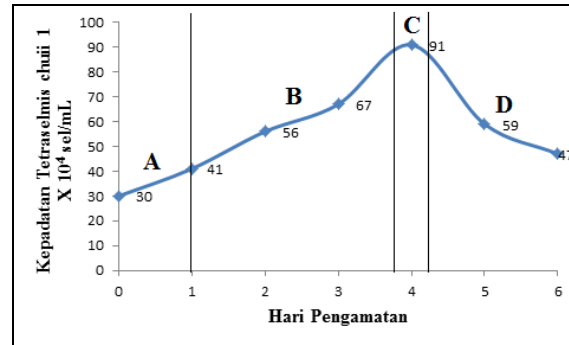
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kultur *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii*



Gambar 1. Grafik kepadatan *Nannochloropsis oculata* (a) fase adaptasi, (b) fase pertumbuhan (c) fase stasioner, (d) fase kematian

Nannochloropsis oculata berbentuk bulat dan berwarna hijau, tidak berflagel dan memiliki ukuran 4 – 6 µm. Berdasarkan Gambar 1 dalam kultur *Nannochloropsis oculata* terdapat 4 fase yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan, fase stasioner, dan fase kematian. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa kepadatan *Nannochloropsis oculata* selama 5 hari selalu meningkat dan memiliki puncak pada hari ke 4. Pemanenan dilakukan pada akhir masa eksponensial yaitu pada hari ke 4.



Gambar 2. Grafik kepadatan *Tetraselmis chuii* (a) fase adaptasi, (b) fase pertumbuhan (c) fase stasioner, (d) fase kematian

Berdasarkan hasil kultur, *Tetraselmis chuii* mengalami 4 fase yaitu fase adaptasi, fase pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian. Kepadatan sel *Tetraselmis chuii* mengalami peningkatan sejak hari pertama kultur, setelah terjadi puncak kepadatan sel, maka terjadi penurunan jumlah sel. Fase adaptasi terjadi pada hari ke 0 sampai dengan hari ke 1, fase pertumbuhan terjadi pada hari ke 1 sampai dengan hari ke 3, fase stasioner terjadi pada hari ke 4 dan merupakan puncak dari kepadatan dengan jumlah individu sebanyak 910.000 sel/mL dan fase kematian mulai terjadi pada hari ke 5 hingga kultur selesai.

Kadar Gula Hidrolisis

Tabel 1. Hasil hidrolisis dan hasil fermentasi bioetanol

Jenis fitoplankton	Kada r gula	Kadar alkohol	Volume alkohol
<i>Nannochloropsis oculata</i>	4 %	4 %	12 mL
<i>Tetraselmis chuii</i>	4 %	1 %	12 mL

Pretratment merupakan suatu proses yang penting dalam pembuatan bioetanol yang bertujuan untuk memecah karbohidrat atau polimer pati menjadi monomer seperti glukosa (Tanadul *et al.*, 2014). Hidrolisis *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* dengan menggunakan H₂SO₄ 0,2 M dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 30 menit. Proses hidrolisis dalam penelitian ini merupakan proses pemecahan karbohidrat menjadi gula, atau secara umum merupakan pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses hidrolisis untuk mendapatkan gula dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti kadar karbohidrat awal, jenis asam dan konsentrasi yang digunakan serta lama waktu hidrolisis.

Konsentrasi asam pada hidrolisis asam sangat berpengaruh terhadap gula yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi sampai batas tertentu maka akan semakin banyak karbohidrat yang terpecah menjadi gula dalam proses hidrolisis.

Pengaruh suhu dalam hidrolisis sangat penting suhu dapat mempercepat laju reaksi dalam hidrolisis hingga dapat meningkatkan hasil dari hidrolisis tersebut (Kupiainen, 2012). Miranda *et al.*, (2014) melakukan proses hidrolisis dengan suhu 60°C dan 70°C, dari ke 2 variasi suhu tersebut yang menghasilkan kadar gula lebih tinggi pada suhu 70°C.

Waktu merupakan salah satu faktor penting dalam hidrolisis yang dapat mempengaruhi hasil dari hidrolisis tersebut. Semakin lama waktu hidrolisis maka akan semakin panjang kesempatan

asam untuk memecah dan memutus ikatan pada rantai karbohidrat menjadi gula. Semakin lama waktu hidrolisis maka semakin lama kesempatan H₂SO₄ untuk memecah gula kompleks menjadi gula sederhana, namun setiap jenis dari mikroalga memiliki waktu optimal. Jika proses hidrolisis melebihi waktu optimum maka kadar gula akan menurun. Diduga hal ini terjadi dikarenakan ion H⁺ pada asam telah mencapai titik optimumnya dalam melepas ikatan rantai glikosidik pada selulosa (Qaisum *et al.*, 2015).

Fermentasi Bioetanol

Fermentasi merupakan suatu aktifitas metabolik monosakarida/gula untuk menghasilkan bioetanol dan produk sampingan lainnya dengan bantuan mikroorganisme dengan kondisi suhu dan pH tertentu yang sesuai dengan mikroorganisme tersebut (El-Dalatony *et al.*, 2016). Fermentasi merupakan proses terpenting dalam produksi biofuel seperti bioetanol (El-Dalatony *et al.*, 2017).

Penelitian ini menggunakan kamir (*Saccharomyces cerevisiae*) sebagai mikroorganisme yang mengubah gula menjadi bioetanol. *Saccharomyces cerevisiae* adalah jamur yang terdiri dari satu sel, dan tidak membentuk hifa, *Saccharomyces cerevisiae* termasuk golongan jamur Ascomycotin dan bereproduksi dengan membentuk tunas (Bahri *et al.*, 2018). *Saccharomyces cerevisiae* melakukan proses glikolisis sehingga dapat mengubah gula menjadi bioetanol (Handayani *et al.*, 2016). Pada penelitian ini peneliti menggunakan *S. cerevisiae* karena lebih aman dan tidak

bersifat patogen terhadap manusia (El – Dalatony, 2017). Salah satu faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah pH medium, nilai pH dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan laju fermentasi maka secara tidak langsung mempengaruhi produktifitas bioetanol. Khamir dapat tumbuh dengan baik pada pH 3 – 6. Nilai pH yang terlalu rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (Ar Rahim, 2009).

Prescot dan Dunn (1981) menyatakan bahwa waktu fermentasi etanol adalah 3-7 hari. Saputro dan Sumiyati (2016) dalam Taslim *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa produksi etanol dipengaruhi oleh lama fermentasi, dimana lama fermentasi berkenaan dengan waktu logaritmik yang dimiliki oleh mikroba untuk berada dalam jumlah yang banyak dalam merombak glukosa menjadi etanol. Jika fermentasi terlalu lama maka produksi ethanol akan semakin berkurang karena kematian sel mikroba yang disebabkan oleh kekurangan nutrisi serta keracunan CO₂ yang merupakan produk samping dari fermentasi anaerobik.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii* memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan baku bioetanol, namun jika akan dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar minyak perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan proses hidrolisis dan fermentasi agar bioetanol yang dihasilkan lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil hidrolisis *Nannochloropsis oculata* menghasilkan kadar gula sebesar 4%. Hasil fermentasi *Nannochloropsis oculata* menghasilkan 4 % bioetanol sebanyak 12 mL. Hasil hidrolisis yang dilakukan menghasilkan kadar gula 4%. Hasil fermentasi menghasilkan 1% bioetanol.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perlakuan pada proses hidrolisis dan fermentasi untuk menemukan proses yang efektif agar menghasilkan bioetanol yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung untuk sample *Nannochloropsis oculata* dan *Tetraselmis chuii*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiman, S. 2014. “Perkembangan Tehnologi dan Tantangan Dalam Riset Bioetanol di Indonesia”. *JKTI*. Vol. 16, No. 20, pp.108-177.
- Ar Rahim, Dicka. 2009. *Produksi etanol oleh Saccharomyces cereviciae var. Ellipsoideus dari sirup dekstrin pati sagu (Metroxylon sp.) Menggunakan Metode aerasi penuh dan Aerasi dihentikan*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. ITB. Bogor.

- Bahri, S., A. Aji dan F. Yani. 2018. "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti". *Jurnal Teknologi Kimia*. 7(2):85-100.
- El-Dalatony, M. M, E, Salama, M. B. Kurade, S. H. A. Hasan, S. Oh, S. Kim, and B. Jeon. 2017. "Utilization of microalgal biofractions for bioethanol, Higher Alcohol, and Biodiesel Production: A Review". *Energies*. (10) 1 – 19.
- El-Dalatony, M.M, M.B. Kurade, R. A. I. Abou-Shanab, H. Kim, E. Salama, and B. Jeon. 2016. "Long-term production of bioethanol in repeated-batch fermentation of microalgal biomass using immobilized *Saccaromyces cerevisiae*". *Bioresource Technology*. 1 – 25.
- Kupiainen, Laura. 2012. *Dilute Acid Catalysed Hydrolysis of Cellulose-Extension to formic Acid*. University of Oulu. Oulu.
- Miranda, G., A. Amri, dan S. P. Utami. 2014. "Hidrolisis Mikroalga Tetraselmis chuii Dengan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat dan Temperatur". *Jurnal Jom Ftehnik*. 1(2) 1-5.
- Muin, R., D. Lestari dan T. W. Sari. 2014. "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Yang Dihasilkan Dari Biji Alpukat". *Jurnal Teknik Kimia*. 20 (4) 1-7.
- Nasution, H. I., R. S. Dewi., dan P. Hasibuan. 2016. "Pembuatan Etanol Dari Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* schumach) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi *Saccharomuces cerevisiae*". *Jurnal Pendidikan Kimia*. 8 (2) 144-151.
- Negara, B. F. S. P., 2014. *Aktivitas, karakteristik, dan aplikasi enzim Agarase dari kapang laut untuk hidrolisis Gelidium sp. Sebagai bahan baku bioethanol*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prescot, S.C., dan C.G. Dunn. 1981. *Industrial Microbiology*. McGraw-Hill Book Co. Ltd, New York.
- Quaishum, S., A. Amri dan S. P. Utami. 2015. "Hidrolisis Mikroalga Tetraselmis chuii Menjadi Glukosa menggunakan H₂SO₄ dengan Variasi Hidrolisis". *Jom Fteknik*. 2 (1) 1-5.
- Rizky, Y. A., I. Raya, dan S. Dali. 2012. *Penentuan Laju Pertumbuhan Sel Fitoplankton Chaetoceros calcitrans, Chlorella vulgaris, Dunaliella salina, dan Porphyridium cruentum*. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Suhartoyo dan Rahmad. 2016. *Effektifitas Biobriket Limbah Biomass Sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan Skala Rumah Tangga*. Hal. 107-112. Pros iding SNATIF Ke -3 Tahun 2016, Universitas Muara Kudus. Yokyakarta. Indonesia.
- Tanadul. O, J. S. VanderGheynst, D. M. Beckles, A. L. T. Powell, J. M. Labavitch. 2014. "The Impact Of Elevated CO₂ Consentration On The Quality Of Algal Strach As A Potential Biofuel Feedstock".

Biotechnology and Bioengineering.
111 (7) 1323 – 1331.

Taslim, M, M. Mailoa, M. Rijal. 2017.
“Pengaruh pH dan lama fermentasi
terhadap produksi ethanol dari
Sargassum crassifolium”. *Jurnal
Biology science dan Education.* 6 (1)
13 – 25.

Widyawati, Ika. 2019. *Uji kandungan
Protein Pasta Nannochloropsis sp
Isolat Lampung Mangrove Center
Pada Kultur Skala Intermediet.*
Skripsi. Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas
Lampung. Bandar Lampung.

Yanuhar, Uun. 2016. *Mikroalga Laut
Nannochloropsis oculata.* UB press.
Malang.