

ANALISIS POTENSI *Chlorella* Sp. DI PANTAI BASE-G SEBAGAI BAHAN BIODIESEL DENGAN UJI PROKSIMAT

Efray Wanimbo^{1*}, Krithopolus K. Rumbiak², Imam Mishbach³,
Lolita Tuhumena⁴, Calvin Paiki⁵

Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA, Universitas Cenderawasih

E-mail: owonwanimbo@gmail.com

Abstract

Background: Phytoplankton is one of the microalgae that has great potential as an energy source, one of which is *Chlorella* sp.. *Chlorella* sp. is the largest producer of protein compared to other types of phytoplankton. The lipid and fatty acid content in microalgae is a source of energy that plays a role in the process of making biodiesel. Phytoplankton type *Chlorella* sp. easy to cultivate and breed. Supporting breeding in the process is supported by the use of fertilizers that are rich in nutrients so that it will optimize the growth of these phytoplankton. Generally fertilizer is divided into two, namely inorganic fertilizer and organic fertilizer. The aim of this research was to determine the fat content of *Chlorella* sp. which was obtained from the results of culture with the treatment of giving skipjack tuna fertilizer through a proximate test.

Methods: This research was conducted by taking samples of *Chlorella* sp. At Base-G Beach. Samples were cultured and added liquid fertilizer from skipjack fish waste at a concentration of 4;8;12 ml/L. *Chlorella* sp. The culture results were calculated for cell density and tested for fat content through proximate fat analysis.

Results: The study showed that the density of microalgae cells produced ranges from 0.21×10^6 cells/ml to 0.51×10^6 cells/ml. The average proximate analysis of fat in microalgae was 0.022%-0.039% (w/w). The application of skipjack tuna waste fertilizer affected the proximate fat value of *Chlorella* sp. ($p < 0.05$).

Conclusion: The proximate fat content in *Chlorella* sp samples from Base-G beach which were cultured with the addition of liquid skipjack tuna waste fertilizer was 0.022-0.039% (w/w).

Keywords: *Chlorella* sp., Biodiesel, Fat Proximate

Abstrak

Latar Belakang: Fitoplankton adalah salah satu mikroalga yang sangat potensial sebagai sumber energi, salah satunya adalah *Chlorella* sp.. *Chlorella* sp. merupakan penghasil terbesar protein dibandingkan dengan jenis fitoplankton lainnya. Kandungan lipid dan asam lemak yang ada pada mikroalga merupakan salah satu sumber energi yang berperan dalam proses pembuatan biodiesel. Fitoplankton jenis *Chlorella* sp. mudah dibudidayakan serta dikembangbiakan. Penunjang pengembangbiakan dalam prosesnya didukung oleh penggunaan pupuk yang kaya akan nutrisi sehingga akan mengoptimalkan pertumbuhan fitoplankton ini. Umumnya pupuk terbagi menjadi dua yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan lemak *Chlorella* sp. yang didapatkan dari hasil kultur dengan perlakuan pemberian pupuk ikan cakalang melalui uji proksimat.

Metode: Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel *Chlorella* sp. Di Pantai Base-G. Sampel dikultur dan ditambahkan pupuk cair limbah ikan cakalang dengan konsentrasi 4;8;12 ml/L. *Chlorella* sp. hasil kultur dihitung kepadatan selnya dan diuji kandungan lemaknya melalui analisis proksimat lemak.

Hasil: Penelitian menunjukkan bahwa kepadatan sel mikroalga yang dihasilkan berkisar antara $0,21 \times 10^6$ sel/ml sampai $0,51 \times 10^6$ sel/ml. Analisis proksimat lemak rata-rata pada mikroalga sebesar 0,022%-0,039% (b/b). Pemberian pupuk limbah ikan cakalang berpengaruh terhadap nilai proksimat lemak *Chlorella* sp. ($p < 0.05$).

Kesimpulan: Kandungan proksimat lemak pada sampel *Chlorella* sp dari pantai Base-G yang dikultur dengan penambahan pupuk cair limbah ikan cakalang sebesar 0,022-0,039 % (b/b).

Kata Kunci: *Chlorella* sp., Biodiesel, Proksimat Lemak

PENDAHULUAN

Menurut Wulandari *et al.* (2019), tanah Papua Indonesia merupakan provinsi yang memiliki kekayaan sumber daya perairan yang sangat beragam, namun banyak dari sumber daya itu belum dimanfaatkan secara optimal. Sumberdaya alam terbagi menjadi dua, yaitu sumberdaya yang dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui, seperti minyak bumi. Bahan bakar minyak yang berasal dari minyak bumi sejauh ini terus menerus dieksploitasi sehingga semakin menipis persediaannya serta menimbulkan pencemaran lingkungan. Eksploitasi yang terus menerus akan menyebabkan kelangkaan pada sumberdaya tersebut. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk mencari bahan alternatif, salah satunya dengan biodiesel. Pemanfaatan yang optimal ini penting dilakukan agar memaksimalkan potensi dan efisiensi atas hasil yang ada.

Biodiesel merupakan bahan bakar merupakan bahan bakar yang menyerupai minyak diesel dan berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan. Biodiesel dapat dibuat secara transesterifikasi atau esterifikasi minyak nabati menggunakan katalis asam maupun basa sehingga dapat menghasilkan metil ester. Organisme laut yang potensial untuk dijadikan sebagai bahan biodiesel adalah mikroalga. Mikroalga mengandung minyak yang cukup tinggi. Kandungan mikroalga antara lain adalah protein, lipid, dan asam lemak yang merupakan sumber energi. Lipid mengandung asam lemak jenuh yang berperan dalam proses pembuatan bahan biodiesel. Pengembangan mikroalga sebagai bahan biodiesel memiliki beberapa keuntungan, seperti pengembangannya yang sederhana, kemampuan bertahan hidup pada lingkungan yang ekstrim (salinitas tinggi, tercemar) serta tidak bersaing dengan produk pangan (Ayuzar *et al.*, 2022).

a.

Jenis mikroalga yang potensial untuk dijadikan bahan biodiesel adalah *Chlorella sp.* *Chlorella sp.* memiliki kandungan nutrisi protein sebesar 51–58% minyak sebesar 28–32%, karbohidrat 12–17%, lemak 14–22%, dan asam nukleat 4–5% (Setiyono dan Yudo, 2008) *Chlorella sp.* merupakan salah satu pakan alami yang kaya akan kandungan proteinnya, kandungan protein *Chlorella*

yaitu 57 % (Romadhon dan Yuki, 2017) lebih tinggi apabila dibandingkan dengan Infusoria yaitu 36.82% (Zahidah *et al.*, 2015). Fitoplankton jenis ini mudah dibudidayakan serta mudah untuk dikembangkan. Penunjang pengembangbiakan dalam prosesnya didukung oleh penggunaan pupuk yang kaya akan nutrisi sehingga akan mengoptimalkan pertumbuhan fitoplankton ini. Umumnya pupuk terbagi menjadi dua yaitu pupuk anorganik dan pupuk organik. Pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisika dan biologis yang merupakan hasil industri dari pabrik pembuat pupuk, sedangkan pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan alam seperti pelapukan tanaman, kotoran hewan atau manusia (Tran *et al.*, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan lipid pada *Chlorella sp.* hasil kultur dengan penambahan pupuk ikan cakalang yang berpotensi sebagai bahan biodiesel.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai Juni 2023 dengan lokasi penelitian yang bertempat di Pantai Base-G, Jayapura, Provinsi Papua. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penggilingan/blender, pisau, ember beserta tutupnya, wadah plastik, botol spray, selang, toples, aerator, vial, hand counter, mikroskop gelas ukur, sedotan plastik, bunsen, erlemeyer, spatula, tabung reaksi, beaker glass, centrifuge, centrifuge tube, gelas ukur, mikro tube, timbangan analitik, spektrofotometer, tabung reaksi, mikropipet, beaker glass, botol spray 100 ml, scoresheet organoleptik, pipet tetes, *plankton net*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah ikan cakalang, EM4, aquades, air laut, Pupuk walne, alkohol 70%.

Prosedur dan Tahapan Penelitian Pembuatan Pupuk Cair Limbah Cair Ikan Cakalang

Limbah ikan cakalang seperti kepala, insang, isi perut, kulit dan lain-lain dibersihkan. Kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan. Lalu ditambahkan gula merah dan cairan EM4. tutup wadah plastik pastikan tertutup rapat titik. Diamkan selama 1 sampai 2 bulan.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* pada 3 titik stasiun di Tepi laut Base G Jayapura. Jala plankton ditebar di atas permukaan air lalu digerakkan secara vertikal dan horisontal. Air laut diambil memakai *water sampler*. Parameter yang diuji secara langsung meliputi pH, temperatur, kecerahan serta oksigen terlarut. Sampel dalam botol disimpan dalam *coolbox*.

Isolasi *Chlorella* dari pantai Base-G

Isolasi mikroalga dilakukan dengan metode pengenceran bertingkat. Larutan BBM (*Bold Bassal Medium*) dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 9 mL kemudian dimasukkan sampel pada tabung pertama sebanyak 1 mL dan dilakukan pengadukan hingga homogen lalu dilakukan pengenceran. Semua tabung reaksi tersebut disusun dalam rak lalu ditutup, diletakkan di bawah cahaya lampu serta diinkubasi selama 14 hari.

Kultivasi mikroalga

Kultur mikroalga *Chlorella* sp. ini digunakan wadah kaca dengan ukuran volume 2,5 liter. Perbandingan antara bibit dan media kultur *Chlorella* sp. yaitu 1:4. Bibit *Chlorella* sp. dan media kultur dicampur kedalam wadah kemudian diberi aerasi. Adapun perlakuan yang diberikan adalah penggunaan dosis pupuk limbah ikan cakalang yang berbeda pada setiap perlakuan. Dosis setiap perlakuan antara lain 4 ml/L (A), 8 ml/L (B), 12 ml/L (C) dan kontrol pupuk jenis walne 1 ml/L. Fitoplankton dikultivasi dengan intensitas cahaya 2000-4000 Lux dan diamati selama 10 hari.

Uji pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan sebagai salah satu *trial error* penelitian dengan cara dilakukan analisa *Chlorella* untuk mengetahui keberhasilan kultur. *Chlorella* dipanen pada fase ekponensial kemudian diukur pertumbuhan dan proksimatnya.

Pemanenan Mikroalga

Pemanenan biomassa *Chlorella* sp. dilakukan pada fase Ekspansional. Pemanenan mikroalga *Chlorella* sp. dilakukan dengan cara mengendapkan mikroalga *Chlorella* sp. dengan aluminium sulfat murni sebanyak 0,2 gr/L. Sampel mikroalga kemudian dihomogenkan selama 30 menit tanpa aerasi lalu diambil endapannya. Sampel mikroalga diambil 5 ml kemudian dimasukkan ke vial. Lalu

disentrifugasi 3.000 rpm selama 5 menit. Kemudian bagian supernatan dibuang dan bagian endapan yang terbentuk di bawah dikeluarkan. Biomassa basah mikroalga diletakkan dalam wadah terbuka dengan lapisan aluminium foil lalu disimpan hingga sampel mengering.

Pengukuran Kepadatan *Chlorella*

Kepadatan sel *Chlorella vulgaris* dihitung dengan bantuan hemositometer. Pengamatan sel pada hemositometer dilakukan empat kali ulangan pada setiap bidang pandang hemositometer

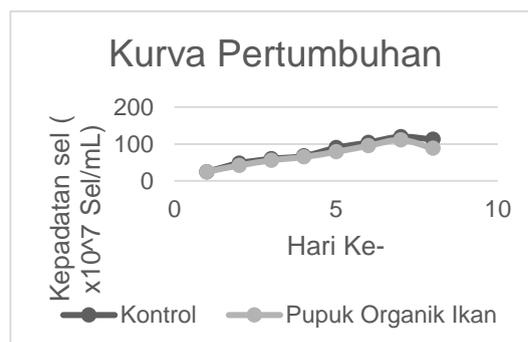
Analisis proksimat lemak

10 ml kultur yang telah disentrifuse, endapannya diekstrak dengan metanol : kloroform : akuades (2 : 1 : 0,8) sebanyak 2,5 ml lalu disentrifugasi 40 Hz selama 5 menit, kemudian disentrifugasi kembali 4000 rpm selama 5 menit, supernatan diambil bila endapan masih berwarna hijau diekstrak kembali sampai endapan berwarna pucat. Supernatan yang dikumpulkan dibuat volumenya 5-7 ml dengan metanol : kloroform : akuades (2 : 1 : 0,8) lalu ditambahkan 1,5 ml kloroform kemudian divortek dan tambahkan 1,5 ml akuades, divortek kembali. Setelah terjadi pemisahan, lapisan atas dibuang dan lapisan bawah diambil, keringkan di dalam oven, masukan ke dalam desikator hingga bobot stabil, kemudian timbang berat keringnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Chlorella* sp.

Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada media dari pupuk cair limbah ikan cakalang (*Katsuwonus* sp.) dengan pupuk control (guillart). Masing masing diberikan 1 ml/l menunjukkan bahwa grafik pertumbuhan sebagai berikut. Kultivasi *Chlorella* sp. dengan pupuk cair limbah ikan cakalang (*Katsuwonus* sp.) menunjukkan pola pertumbuhan yang bervariasi dalam waktu 7 hari. Berikut ini dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan *Chlorella* sp.

Dari grafik di atas terlihat bahwa sel dari hari ke 0 sampai hari ke 3 setelah inokulasi mengalami fase adaptasi pada medium yang diberi perlakuan pupuk. Hal ini sesuai dengan Pelczar (2005), yang pada fase adaptasi tidak mengalami penambahan populasi dan sel mengalami perubahan komposisi kimia sehingga terjadi peningkatan ukuran dan materi intraseluler. Pertumbuhan *Chlorella* sp. meningkat atau terjadi dengan cepat. Hal ini merupakan awal fase pertumbuhan logaritmik terjadi dari hari ke 3 sampai hari ke 6 mengalami multiplikasi (Komarawidjaja, 2011). Setiap harinya sel tumbuh dan membelah secara eksponensial setelah beradaptasi dengan kondisi baru, hingga jumlah maksimum jika didukung oleh kondisi lingkungan (khususnya dalam hal ini media). Hal ini juga didukung oleh Widayat *et al.* (2015). Setelah fase pertumbuhan eksponensial, sel memasuki fase stasioner dan fase kematian. Dalam penelitian ini hanya memberikan gambaran hingga hari ke 7, namun kemungkinan dalam 3 hari kedepan sel mulai mengalami penurunan. Hal ini disebabkan kurangnya nutrisi pada medium dan akumulasi toksin dari produk sisa metabolisme sel, mengakibatkan sel tidak tumbuh secepat pada fase log. Pada fase ini, proliferasi sel tetap konstan karena tingkat kematian sel dan laju proliferasi sel seimbang (Widayat, 2015). Di sisi lain, menurut Pelczar (2011), adanya zat yang dihasilkan oleh sel yang terkubur dalam media dan produk limbah dari sel menghambat pertumbuhan dalam kultur. Dalam penelitian ini, dapat dibedakan secara tepat bahwa control dan hasil dari pupuk organik ikan memiliki hasil yang hampir sama. Kemudian pada hari ke 3 dari control dan pupuk organik mengalami pembelahan yang sama. Hal ini karena memiliki defisiensi nutrisi atau akumulasi metabolit toksik menyebabkan terhentinya pertumbuhan hal ini dapat dipicu oleh adanya zat yang dihasilkan oleh media dan produk limbah dari sel menghambat pertumbuhan dalam kultur. Sehingga terlihat bahwa masing masing perlakuan masih dalam fase penyesuaian media. Pupuk organik ikan memiliki kandungan nutrisi yang dapat memenuhi kebutuhan mikroalga sehingga hasil kurjanya dapat bersaing dengan penggunaan control sebagai pupuk. Hal ini dapat disimpulkan

bahwa pemanfaatan limbah ikan cakalang memiliki potensi sebagai pengganti pupuk komersial.

Kepadatan sel *Chlorella*

Pola perlakuan kepadatan pada kultivasi *Chlorella* sp memiliki pola peningkatan kepadatan yang cenderung sama, namun berbeda dengan perlakuan kepadatan sedang. Hal tersebut dapat terjadi karena human error pada proses pengambilan dan penanganan sampel. Laju peningkatan kepadatan sel selama proses kultivasi mikroalga ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Rata-rata kepadatan sel *Chlorella* sp.

Rata-rata Kepadatan Sel <i>Chlorella</i> sp.	Hari Ke- (sel/ml)		
	3	6	9
	0,21 x 10 ⁶	0,27 x 10 ⁶	0,51 x 10 ⁶

Berdasarkan tabel tersebut, nilai kepadatan sel *Chlorella* sp. mengalami peningkatan dengan laju peningkatan sebesar 0,06x10⁶ sel/ml dan 0,24x10⁶ sel/ml. penambahan pupuk walne berperan dalam perkebangbiakan *Chlorella* sp dan kepadatan selnya meningkat meskipun tambahan nutrient yang dilakukan belum memenuhi pertumbuhan *Chlorella* secara optimal (Umainana *et al.*, 2012).

Penambahan kepadatan sel terjadi pada semua perlakuan dengan mikroalga pada hari ke-9. Kepadatan sel yang meningkat juga ditandai dengan peningkatan laju pertumbuhan sel mikroalga, yaitu dengan kepadatan 0,51x10⁶ sel/ml dengan laju kepadatan sebesar 0,24x10⁶ sel/ml. Berdasarkan penelitian Amini dan Syamdidi (2006), menjelaskan bahwa peningkatan kepadatan sel mikroalga dibarengi dengan penurunan konsentrasi unsur hara pada media tumbuhnya, sehingga konsentrasi unsur hara sebagai nutrien bagi mikroalga tidak sebanding dengan jumlah kepadatan sel yang ada. Hal ini dapat menyebabkan laju peningkatan kepadatan sel menjadi berkurang. Kenaikan kepadatan mikroalga yang signifikan dengan laju pertumbuhan yang meningkat dapat pula menandakan bahwa jumlah nutrient yang ada pada media kultur masih mencukupi untuk sel mikroalga dalam kultur.

Kultivasi pada media limbah ikan, pertumbuhan spesifik *Chlorella* sp. lebih tinggi dari pada perlakuan dengan media

kontrol. Hal ini terjadi karena dalam media limbah ikan terdapat unsur utama dalam proses pertumbuhan yang relatif rendah konsentrasinya. Lalu pertumbuhan terendah diperoleh *Chlorella* dalam medium limbah ikan. Hal ini disebabkan karena dimungkinkan dalam media limbah ikan memiliki kandungan NaNO_3 yang rendah dan media limbah ikan juga tidak memiliki ion fosfat dalam media kulturnya. Hal ini menyatakan bahwa diperlukan fosfat dan nitrogen dalam bentuk nitrit (NO_2^-), nitrogen merupakan salah satu unsure yang diperlukan mikroalga dalam jumlah besar dan bisa menjadi factor pembatas dalam pertumbuhan mikroalga. Kebutuhan unsur hara yang tercukupi dan factor lingkungan yang mendukung akan menghasilkan laju pertumbuhan yang baik.

Menurut Fessenden (1986), nitrogen adalah komponen yang penting sebagai sumber nutrisi mikroalga untuk fasa pertumbuhannya. Mikroalga akan memasuki fasa pertumbuhan secara eksponensial dalam kurun waktu, sepanjang unsure hara dan cahaya

mencukupi (Richmond 2003). Selain itu hasil samping atas fotosintesis seperti kandungan karbohidrat oleh mikroalga selain digunakan untuk pertumbuhan juga untuk respirasi selular. Apabila hasil fotosintesis berkurang, maka karbohidrat yang tersisa setelah sebagian digunakan dalam proses respirasi tidak mencukupi untuk pertumbuhan sel.

Analisis Proksimat Lemak

Analisis proksimat lemak dilakukan di Laboratrium Terpadu Universitas Gadjah Mada. Sampel sebanyak 5 gram diekstraksi dengan menggunakan 25 ml Diethyl ether, kemudian vortex selama 1 menit. Ekstrak dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C , kemudian sampel dihitung kadar lemaknya. Pengujian dilakukan pada mikroalga *Chlorella* sp. yang telah dikultur dengan penambahan pupuk limbah ikan cakalang dengan konsentrasi 4; 8 dan 12 ml/L dengan tiga kali pengulangan. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kandungan proksimat lemak pada sampel *Chlorella* berkisar antara 0,02-0,043 % (b/b).

Tabel 2. Kadar Lemak *Chlorella* sp.

Konsentrasi (ml/L)	Lemak total (% b/b)			Rata-rata (% b/b)
4	0,02	0,025	0,022	0,022
8	0,037	0,032	0,035	0,035
12	0,037	0,038	0,043	0,039

Kadar lemak yang dihasilkan pada mikroalga *Chlorella* sp. memiliki nilai yang berdeba-beda. Penambahan Jumlah pemberian pupuk cair limbah ikan cakalang meningkatkan kandungan lemak *Chlorella* sp hasil kultur. Penambahan pupuk cair limbah ikan cakalang sebanyak 4 ml/L menghasilkan jumlah lemak rata-rata pada *Chlorella* sp sebesar 0,022% (b/b). penambahan sebanyak 8 ml/L menghasilkan rata-rata lipid 0,035% (b/b), dan penambahan sebanyak 8 ml/L menghasilkan rata-rata lemak sebesar 0,039% (b/b).

Berdasarkan analisis dengan oneway ANOVA, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,001 ($p < 0.05$). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi pupuk limbah ikan cakalang berpengaruh terhadap kadar lemak total pada *Chlorella* sp. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fahrizal dan Ratna (2018), menunjukkan bahwa limbah

ikan cakalang mengandung protein sebesar 32,27%, lemak 8% dan karbohidrat sebesar 17,63%. Pupuk limbah ikan cakalang mengandung nitrogen dan fosfor yang berperan dalam produksi lemak pada *Chlorella*. Nutrient yang terbatas di dalam pupuk limbah ikan berpengaruh terhadap produksi kandungan lemak *Chlorella*. Menurut Schenk *et al.* (2008), biosintesis lemak pada mikroalga membutuhkan acetyl-CoA sebagai titik awal pembentukan lipid. Acetyl CoA carboxylase dan beberapa enzim sarana atau jalan biosintesis lipid. Mikroalga merupakan produsen dalam rantai makanan dalam perairan. Mikroalga mempunyai kemampuan berfotosintesis seperti tumbuhan tingkat tinggi. Mikroalga sangat potensial dijadikan bahan baku biodiesel karena mengandung minyak (lemak) hingga 70 %, dapat merubah CO_2 menjadi biomassa melalui proses fotosintesis, dapat bertahan dalam salinitas tinggi. Kandungan

nitrogen dan fosfor berkaitan dengan proses biosintesis lipid *Chlorella* sp.

Menurut Syahrul (2016), *Chlorella* mengandung lemak sebesar 11%, protein sebesar 60,5% dan karbohidrat sebesar 20,1%. Kandungan lemak pada mikroalga berbeda-beda tergantung jenisnya. Lemak yang terkandung dalam *Chlorella* pada penelitian ini sangat rendah, hal ini dapat disebabkan karena factor cahaya saat kultivasi mikroalga. *Chlorella* sp membutuhkan cahaya untuk berfotosintesis. Kurangnya cahaya dalam aktifitas fotosintesis akan menyebabkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga mengganggu metabolisme selanjutnya (Andriyono, 2001). Periode penyinaran dapat berpengaruh dalam proses sintesis bahan organik pada fotosintesis karena hanya dengan energi yang cukup proses tersebut dapat berjalan dengan lancar. Periode penyinaran mempengaruhi komposisi biokimia yang dikultur selain faktor media kultur, temperatur, pH, intensitas cahaya dan stadia waktu panen.

SIMPULAN

Kandungan proksimat lemak pada sampel *Chlorella* sp dari pantai Base-G yang dikultur dengan penambahan pupuk cair limbah ikan cakalang sebesar 0,02-0,043 % (b/b).

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M. 2008. Pisang Buah Kehidupan. Amini, S. Dan Syamdidi. 2006. Konsentrasi Unsur Hara pada Media dan Pertumbuhan *Chlorella vulgaris* dengan Pupuk Anorganik Teknis dan Analisis. Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.) VII(2): 201-206.
- Andika, Y., Syahrin, A., Siregar, D. F., dan Ramadansyah, S. 2022. Identifikasi Mikroalga Laut Potensial Sebagai Bahan Baku Biodiesel Di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 14(1), 147-160.
- Andriyono, S. 2001. Pengaruh Periode Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Isochrysis galbana Klon Tahiti. Makalah Ilmiah. IPB. Bogor. Hal 14-22.
- Ayuzar, E., Mahdaliana, M., Khaidir, K., Fitria, A., dan Erlangga, E. 2022. Kultivasi mikroalga Nannochloropsis sp dalam pupuk kotoran ayam untuk meningkatkan
- biomassa dan lipid sebagai preliminari produksi biodiesel. Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal, 9(2), 125-130.
- Barqi, W. S. 2014. Pengambilan minyak mikroalga *Chlorella* sp. dengan metode microwave assisted extraction. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 3(1), 34-41.
- Fahrizal, A., dan Ratna. 2018. Pemanfaatan Limbah Pelelangan Ikan Jembatan Puri di Kota Sorong sebagai Bahan Pembuatan Tepung Ikan. Gorontalo Fisheries Journal, 1(2)
- Febtisuhasri, A. 2016. Kepadatan sel dan Kadar Lipid Mikroalga *Chlorella* sp. pada Kultur Media Alternatif Kotoran Ternak.
- Hadiyanto. 2011. Valorisasi Mikroalga Untuk Sumber Bioenergi dan Pangan Sebagai Upaya Peningkatan Ketahanan Pangan dan Energi di Indonesia. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Hindarso dan M. Edy. 2015. Biodiesel Production From the Microalgae Nannochloropsis by Microwave Using CaO and MgO Catalysts. Vol. 4, No. 1, Hal. 72-76, doi:10.14710/ijred.4.1.72-76.
- Jelizaranur, J., Padil, P., & Muria, S. R. (2019). Kultivasi Mikroalga Menggunakan Media Af6 Pada Berbagai PH. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains, 6, 1-5.
- Khani, M., Soltani, M., Shamsaie Mehrjan, M., Foroudi, F., & Ghaeni, M., 2017, The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (Cyprinus carpio). Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 16 No.2, 832-843.
- Komarawidjaja, Wage. 2011,. Kajian Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Rumput Laut Sebagai Media Kultur Mikroalga *Chlorella* sp. Jurnal Teknik Lingkungan., 12:3., 241-250.
- Komariyah, S., & Afrizal, F. Y. 2019. Pertumbuhan Benih Ikan Depik (*Rasbora tawarensis*) yang Diberi Berbagai Pakan Alami. Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia, Vol. 26, No. 01.
- Merguypta, D., Budiharjo, A., dan Kusdiyantini, E. 2014. Isolasi, karakterisasi bakteri asam laktat, dan analisis proksimat dari pangan fermentasi rusip ikan teri (*Stolephorus* sp.). Jurnal Akademika Biologi, 3(2), 11-19.
- Mirzayanti, Y. W., Maisarah, S., & Aryoga, R. 2020. Studi Desain Reaktor In-Situ

- Transesterifikasi untuk Proses dan Produksi Teknologi Biodiesel dari Microalgae *Chlorella* sp. In Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan Vol. 1, No. 1, 331-338
- Mufidah, A., Agustono., Sudarno., D. D. Nindarwani. 2017. Teknik Kultur *Chlorella* sp. Skala Laboratorium Dan Intermediet Di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BBPAP) Situbondo Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health* Vol. 7 No.2, 50-56.
- Munawaroh, S. Z., 2016. Potensi Mikroalga Yang Dikultivasi Pada Media Limbah Cair Industri Karet Remah Dengan Sistem Open Pond Sebagai Sumber Protein.
- Musfiroh, M., Indriyati, W., Muctaridi, M., & Setiya, Y, 2012 , Analisis Proksimat dan Penetapan Kadar karoten dalam Selai Lembaran Terung Belanda (*Cyphomandra betaceae* Sendt.) dengan Metode Spektrofotometri Sinar Tampak.
- Nilawati, Destya. 2012. Studi Awal Sintesis Biodiesel dari Lipid Mikroalga *Chlorella* vulgaris Berbasis Medium Walne melalui Reaksi Eserifikasi dan Transesterifikasi. Skripsi Universitas Indonesia.
- Pelczar, Michael Junior., 2005., Dasar- Dasar Mikrobiologi., UI Press. Jakarta.
- Pratama, I. 2011. Pengaruh metode pemanenan mikroalga terhadap biomassa dan kandungan esensial *Chlorella* vulgaris.
- Priyadarshani, I., & Rath, B. 2012. Commercial and industrial applications of micro algae—A review. *Journal of Algal Biomass Utilization*, Vol 03, No 04, 89-100.
- Romadhon, Yuki Aliffenur, "Kebijakan Pengelolaan Air Limbah Dalam Penanganan Limbah Batik Di Kota Pekalongan", *INSIGNIA: Journal Of International Relations*, Vol 4, No. 2, Nov 2017.
- Rontini, A. S., Prayitno, G., dan Wijayanti, W. P. 2021. Persepsi Wisatawan Objek Wisata Pantai Base-G Kota Jayapura. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 10(2), 179-186.
- Setiyono, S., dan Yudo, S. 2008. Potensi pencemaran dari limbah cair industri pengolahan ikan di Kecamatan Muncar, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Air Indonesia*, 4(2).
- Suparjo. 2010. Analisis Bahan Pakan Secara Kimiawi: Analisis Proksimat dan Analisis Serat. Laboratorium Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Jambi. hal. 7.
- Syahrul, Dewita. Suplemen Makanan Kesehatan (Health Food) Bernutrisi Tinggi Dari *Chlorella* Dan Minyak Ikan Patin. *JPHPI*, 19(3):251-255.
- Tran, T., Le Thi Ngoc Chau, Nguyen Phuc Vinh, Nguyen Cong Danh dan Vo Hoa, 2020, Biomass Development Assessment Of *Chlorella* vulgaris Algae And Potential for Application in Shrimp Wastewater Treatment. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, Vol. 11 No.10. 1312-1321
- Umainana, M. R., Mubarak, A. S., dan Masithah, E. D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Daun Turi Putih (*Sesbania grandiflora*) terhadap Populasi *Chlorella* sp. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Widayat, Widayat., Hadiyanto, H., 2015., Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Untuk Produksi Biomassa Mikroalga *Nannoscloropsis* sp Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Reaktor.*, 15:4., 253-260.
- Widyartono, M., dan Rahmadian, R. 2019. Potensi OTEC di Provinsi Papua Indonesia. *INAJEEE (Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 2(1), 17-21.
- Zahidah, Masjamsir, dan Iskandar, 2015, Pemanfaatan Teknologi Aerasi Berbasis Energi Surya untuk Memperbaiki Kualitas Air dan Meningkatkan Pertumbuhan Ikan Nila Di KJA Waduk Cirata. *Jurnal Akutika*, Vol. 6 No.1. 68 - 78.