

KARAKTERISASI LIPID HASIL KULTIVASI MASSAL *Spirulina* sp. DALAM MEDIA LIMBAH BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)

CHARACTERIZATION OF LIPIDS FROM *Spirulina* sp. MASS CULTIVATION IN VANNAMEI SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) AQUACULTURE WASTEWATER

Ricke Diana Putri¹, Rachmawati Rusydi², Eva Ayuzar², Sapto Andriyono^{3,4*}, Patmawati^{3,5}

¹Program Studi Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga C Campus Jl. Mulyorejo Surabaya Jawa Timur, 60115, Indonesia.

²Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, 24355, Indonesia.

³Departemen Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga C Campus Jl. Mulyorejo Surabaya Jawa Timur, 60115, Indonesia.

⁴Riset Group Lingkungan dan Managemen Sumberdaya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga C Campus Jl. Mulyorejo Surabaya Jawa Timur, 60115, Indonesia.

⁵Riset Group of Post-harvest, Processing Technology and Bio-products, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga C Campus Jl. Mulyorejo Surabaya Jawa Timur, 60115, Indonesia.

*email penulis korespondensi: sapto.andriyono@fpk.unair.ac.id

Abstrak

Mikroalga merupakan salah satu mikroorganisme yang berpotensi sebagai raw material dalam pengembangan riset dan teknologi untuk menghasilkan minyak nabati. *Spirulina* sp. merupakan mikroalga yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku biodieselmiliki kandungan lipid yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan mikroalga lainnya. Namun, untuk menghasilkan biomas *Spirulina* sp. yang cukup banyak, perlu adanya optimasi dalam media kultur. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai media kultur *Spirulina* sp. yaitu limbah budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah budidaya udang vaname guna meminimalisir biaya dalam kultivasi mikroalga skala massal untuk evaluasi lipid harian dan produksi biodiesel. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium, yakni observasi dan pengambilan data primer dilakukan dalam skala massal. Berdasarkan hasil penelitian, biomassa kering kultivasi harian *Spirulina* sp. tertinggi terdapat pada hari ke 4 (empat) dengan nilai yaitu 2,29gr/L dengan persentase biomassa yaitu 7,24%. Lipid tertinggi yang di ekstraksi dengan menggunakan soxhlet terdapat pada hari ke 4 (empat) dengan nilai persentase lipid yaitu 3,73% dengan persentase lipid yaitu 0,84% dan produktivitas lipid tertinggi juga terdapat pada hari ke 4 (empat) dengan nilai yaitu 0,0854 gr/L. Biomassa kultivasi massal *Spirulina* sp. memperoleh biomassa basah sebesar 13.760 gr dan biomassa kering 3.220 gr. Lipid yield *Spirulina* sp. pada kultivasi massal memperoleh nilai bobot 163,74 gr dengan persentase 5,09 %. Biodiesel yield *Spirulina* sp. pada kultivasi massal sebesar 101,225 gr dengan persentase 61,82 %. Kualitas biodiesel *Spirulina* sp. terdiri 4 senyawa kimia tertinggi yaitu Heptadecane (CAS) n-Heptadecane 41,35 %, Hexadecanoid acid, methyl ester 13,03%, Isopropyl Linoleat 8,91 %, dan 9,12-Octadecanoid acid (Z, Z)-, methyl ester 6,88 %.

Kata Kunci: akuatik, biodisel, bioteknologi, lipid, mikroalga

Abstract

Microalgae are one of the microorganisms with potential as a raw material for research and technology development in producing vegetable oil. Microalgae *Spirulina* sp. is a microalgae that has the potential to be used as a raw material for biodiesel, which has a fairly high lipid content when compared to other microalgae. However, to produce enough *Spirulina* sp. biomass, it is necessary to optimize the culture media. One of the organik materials that can be used as a culture medium for *Spirulina* sp. is vaname shrimp farming waste (*Litopenaeus vannamei*). This study aims to utilize vaname shrimp farming waste to minimize costs in mass-scale microalgae cultivation for daily lipid evaluation and biodiesel production. The method used in this study was a laboratory experimental approach, where observations and primary data collection were conducted on a large scale. Based on the research results, the highest daily cultivation dry biomass of *Spirulina* sp. was found on day 4 (four) with a value of 2.29gr/L with a biomass percentage of 7.24%. The highest lipid extracted using Soxhlet was on day 4 (four) with a lipid percentage value of 3.73% with a lipid percentage of 0.84% and the highest lipid

productivity was also found on day 4 (four) with a value of 0.0854 gr/L. Mass cultivation of biomass of *Spirulina* sp. obtained wet biomass of 13,760 g and dry biomass of 3,220 g. Lipid yield of *Spirulina* sp. in mass cultivation obtained a weight value of 163.74 g with a percentage of 5.09%. Biodiesel yield of *Spirulina* sp. in mass cultivation amounted to 101.225 g with a percentage of 61.82%. The quality of *Spirulina* sp. biodiesel consisted of 4 highest chemical compounds, namely Heptadecane (CAS) n-Heptadecane 41.35%, Hexadecanoid acid, methyl ester 13.03%, Isopropyl Linoleate 8.91%, and 9,12-Octadecanoid acid (Z,Z)-, methyl ester 6.88%.

Keywords: aquatic, biodiesel, biotechnology, lipid, microalgae

PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan salah satu mikroorganisme yang berpotensi sebagai raw material dalam pengembangan riset dan teknologi untuk menghasilkan minyak nabati. Kegunaan minyak tersebut cukup luas diantaranya sebagai makanan dan pelengkap makanan, obat-obatan dan aromaterapi, keperluan industri dan bahan bakar. Pemanfaatan mikroalga sebagai minyak nabati memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan sumber minyak nabati dari tanaman yang hidup didarat. Salah satu jenis mikroalga yang saat ini memiliki potensi besar dan sangat gencar dikembangkan yaitu *Spirulina* sp. Jenis kandungan asam lemak tertinggi dari *Spirulina* sp. adalah Saturated Fatty Acid yaitu 59,25 %, Mono-Unsaturated Fatty Acid 8,89%, dan Poly Unsaturated Fatty Acid (PUFA) yaitu 40,87% (Djamaluddin dan Chamidah, 2021). Potensi kandungan asam lemak ini dapat dikembangkan menjadi biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber terbaru seperti minyak nabati. Mikroalga *Spirulina* sp. dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk pembuatan biodiesel karena waktu panennya yang singkat, dan memiliki kandungan lipid cukup tinggi dibandingkan jenis alga yang lain (Oliveira *et al.*, 1999). Komoditas ini telah dibudidayakan secara komersial karena laju pertumbuhan sel yang tinggi. Namun, untuk memproduksi *Spirulina* sp. membutuhkan biaya yang cukup besar karena dalam kultur *Spirulina* sp. dibutuhkan unsur hara (pupuk) sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. Selama ini pupuk yang digunakan dalam kultur pakan alami adalah pupuk teknis seperti pupuk walne, pupuk Conwy teknis dan lain – lain, karena mahalnya harga pupuk tersebut, maka perlu dipikirkan alternatif bahan baku lain yang dapat menekan biaya produksi untuk kultur *Spirulina* sp. sehingga mampu mencukupi kebutuhan nutrisi pada media kultur dengan harga yang ekonomis.

Salah satu limbah organik yang dapat digunakan sebagai media kultur *Spirulina* sp. yaitu limbah kegiatan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Penggunaan limbah budidaya udang vaname dapat digunakan sebagai pengganti pupuk sehingga pada saat

kultivasi mikroalga secara massal biaya yang dikeluarkan lebih ekonomis. Menurut Siregar dan Hasanah (2005), limbah terlarut budidaya udang vaname mengandung 77% nitrogen dan 85% fosfor. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami, nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Limbah cair tambak udang vaname mengandung 12,388 mg/L total C organik; 2,199 mg/L total N; dan 0,660 mg/L total P. Unsur hara yang terdapat dalam limbah budidaya udang vaname ini mencukupi kebutuhan *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya karena sel alga membutuhkan 0,063 g N dan 0,009 g P untuk menghasilkan 1 g sel alga yang baru (Zhang *et al.*, 2012). Kebutuhan nitrogen pada mikroalga *Spirulina* sp. adalah 0,14 – 0,7 g/l sedangkan kebutuhan fosfornya adalah 0,0075 – 0,3 g/l (Meritasari *et al.*, 2012).

Beberapa penelitian terdahulu tentang kajian mikroalga dalam media limbah untuk produksi biodiesel. Pengujian tingkat efektifitas pertumbuhan *Spirulina* sp. pada limbah cair tahu yang diperkaya pupuk prea dan Super Phosphate 36 (SP 36) (Dawud *et al.*, 2015). Penelitian lain tentang pengaruh pertumbuhan *Spirulina* sp. terhadap penggunaan pupuk organik cair sebagai media tumbuh diberikan dengan air cucian beras (Diniariwisan & Muahiddah, 2024) dan limbah tempe (Amin *et al.*, 2013). Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya tersebut, maka penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui pemanfaatan limbah budidaya udang vaname. sekaligus menjadi salah satu dalam upaya mengurangi permasalahan limbah organik yang cukup tinggi pada kegiatan akuakultur. Selain itu, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi praktisi pembudidaya dan mahasiswa dalam meningkatkan nilai tambah limbah organik sebagai media kultivasi massal Cyanobacteria *Spirulina* sp.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada 26 Oktober 2022– 14 Februari 2023 di Laboratorium Hatchery dan Teknologi Budidaya Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Malikussaleh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium, yakni observasi dan pengambilan

data primer dilakukan dalam skala massal. Penelitian ini terdiri atas 2 (dua) tahap, yaitu tahap untuk mengevaluasi lipid harian *Spirulina* sp. dalam pemanfaatan limbah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Selanjutnya, tahap akhir untuk mengevaluasi produksi biodiesel yang dihasilkan dari kultivasi *Spirulina* sp. skala massal menggunakan media limbah budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan untuk produksi biodiesel. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian Mauliyani (2020).

Persiapan wadah dan alat

Wadah kultur yang digunakan pada kultur *Spirulina* sp. adalah toples kaca dengan volume masing-masing 5L (21 unit), sementara untuk kultivasi stok skala lebih besar adalah bak fiber dengan volume wadah 500L. Wadah kultur yang digunakan untuk kultur massal digunakan bak volume 1.100L (bak fiber) dan volume 1.900 L (bak beton). Sterilisasi dilakukan pada seluruh wadah dan alat yang digunakan untuk mengkultur *Spirulina* sp. Sterilisasi dilakukan dengan melakukan pencucian dan penyemprotan dengan alcohol 70%. Seluruh metode sterilisasi mengacu pada penelitian sebelumnya (Buwono dan Nurhasanah, 2018).

Persiapan limbah udang vaname, media kultur *Spirulina* sp. dan Inokulan

Limbah udang vaname didapatkan dari CPP Prima Bungkah. Limbah udang vaname yang digunakan terlebih dahulu difilter dengan menggunakan filterbag (Mauliyani, 2020). Media kultur merupakan media yang telah dilengkapi dengan nutrient untuk mendukung kehidupan *Spirulina* sp. Limbah yang diambil dari tambak budidaya dicampur dengan air (75% limbah dan 25% air) sebagai media hidup *Spirulina* sp. (Mauliyani, 2020). Inokulan *Spirulina* sp didapat dari BPBAP Ujung Batee dengan umur *Spirulina* sp. yaitu pada umur 5 hari. Kepadatan *Spirulina* sp. yang digunakan yaitu 20% dari volume kultur dengan kepadatan 105 sel/mL (Sarifah *et al.*, 2023).

Kultivasi Stok *Spirulina* sp.

Kultivasi stok *Spirulina* sp. dilakukan untuk memperbanyak biomassa mikroalga tersebut pada media kulturnya. Kultivasi stok dilakukan dengan menggunakan wadah bak fiber dan toples. Salinitas yang digunakan pada saat kultivasi *Spirulina* sp. yaitu 30 ppt (Widawati *et al.*, 2022). Kultivasi stok mikroalga diawali dengan menggunakan toples dengan volume wadah 5 liter dan volume kultur 4 liter sebanyak 4 toples. Kemudian perbanyak lagi dengan menggunakan toples sebanyak 16 toples (volume 4 L). Lalu diperbarui dengan menggunakan bak fiber (volume 300 L) sebanyak 2 unit. starter (inokulan mikroalga) yang diberikan sebanyak 20% dari volume media dengan kepadatan tebar

yaitu 105 sel/mL (Sarifah *et al.*, 2023). Pada saat kultivasi stok *Spirulina* sp. pupuk yang digunakan yaitu pupuk walne, dosis yang digunakan adalah 1 ml/L. Kultivasi stok ini dilakukan selama 5 (lima) hari, dimana pada hari ke-5, stok mikroalga diperbaharui dengan mengkultur pada media kultur baru dengan volume media yang ditingkatkan.

Kultivasi *Spirulina* sp. Untuk evaluasi lipid harian

Spirulina sp. dikultur dalam wadah toples kultur dengan volume 5 L dan volume untuk media kulturnya yaitu 4 liter sebanyak 21 unit. Kemudian limbah dicampur dengan air (Mauliyani, 2020) sebagai media hidup *Spirulina* sp. Salinitas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 30 ppt pada wadah yang sudah disterilkan terlebih dahulu. Selanjutnya dimasukkan pupuk Za sebanyak 0,1 ml/L (Mauliyani 2019) dan diaerasi. Kemudian masukkan starter yang digunakan sebanyak 20% dari volume media kultur yang telah diberi pupuk Za kemudian diaerasi. Pada saat kultur diberi penerangan menggunakan lampu TL 32 watt dengan intensitas cahaya 1567 lux berjarak 30 cm dengan permukaan air selama 24 jam/hari, kultur dilakukan selama 7 hari.

Pemanenan *Spirulina* sp. untuk pengamatan lipid harian dilakukan dengan cara panen per satuan wadah lalu disaring dengan menggunakan kertas saring kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat biomassa basah setelah itu sampel dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 24 jam lalu ditimbang untuk mendapatkan berat biomassa kering. Sampel yang sudah kering dimasukkan kedalam aqua gelas dan diberi label, sehingga sampel yang didapatkan ada 7 sampel namun dengan 3 kali ulangan sehingga total keseluruhan sampel sebanyak 21 sampel. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi dengan menggunakan soxhlet untuk mengukur kandungan lipid yang terdapat di *Spirulina* sp.

Kultivasi Massa *Spirulina* sp.

Kultivasi *Spirulina* sp. skala massal dilakukan dengan menggunakan bak fiber dengan volume wadah 1.300 L dan bak beton dengan volume media 2.100 L sebanyak 1 unit untuk masing-masing wadah. Media kultivasi adalah limbah budidaya udang vaname (Mauliyani, 2020). Perbandingan antara air laut dan limbah budidaya udang vaname yang tepat adalah 1:3. Selanjutnya, volume media kultivasi dengan bak beton yaitu sebesar 1.900L dan bak fiber 1.100 liter. Kondisi pencahayaan yaitu dengan menggunakan lampu Tesla 40-watt berjarak 10 cm dengan permukaan air. Saat mencapai waktu optimal produksi yaitu pada hari keempat, *Spirulina* sp. dipanen.

Pemanenan

Pemanenan *Spirulina* sp. dilakukan pada hari ke-4 (empat). Pemanenan dilakukan pada pagi hari sampai dengan selesai. Proses pemanenan *Spirulina* sp. dilakukan dengan menggunakan teknik Flokulasi dengan memberi NaOH sebanyak 1gr/L sebagai agen Flokulan. Proses flokulasi dilakukan selama 30 menit untuk kultivasi harian, sedangkan untuk proses flokulasi untuk kultivasi massal yaitu 4 jam. Flok *Spirulina* sp. selanjutnya disaring menggunakan kertas saring. Biomassa *Spirulina* sp. yang diperoleh dalam bentuk basah ditimbang. Selanjutnya biomassa *Spirulina* sp. dioven selama 24 jam pada suhu 60°C dan ditimbang bobot keringnya (Lebeharia, 2016).

Ekstraksi Lipid *Spirulina* sp.

Ekstraksi lipid *Spirulina* sp diawali dengan memasukkan mikroalga *Spirulina* sp kering yang sudah dihaluskan ke dalam kertas saring sebanyak 100 gram lalu diikat dengan menggunakan benang kemudian masukkan kedalam soxhlet, lalu tambahkan pelarut N heksan kedalam labu didih sebanyak 250 ml, lalu ditutup dengan condenser (pendingin). Selanjutnya, elektrotermal (pemanas) dinyalakan dengan titik didih 80°C, dan dibiarkan selama 4-5 jam sampai pelarut N heksan terpisah dengan lipid. Tahap akhir pada proses ini adalah penimbangan lipid dan hasilnya digunakan untuk perhitungan kadar lipid.

Transesterifikasi Menjadi Biodiesel

Lipid yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi dan pemisahan pelarut dari lipid *Spirulina* sp. adapun proses transesterifikasi lipid *Spirulina* sp. yaitu sebagai berikut. Lipid mikroalga ditimbang dan dimasukkan kedalam beaker glass. Selanjutnya, katalis KOH (1% dari bobot lipid) dimasukkan kedalam beaker glass yang telah terisi methanol 2:1. Kemudian campuran katalis dan methanol (larutan metoksit) dipanaskan dengan menggunakan hotplate selama 30 menit pada suhu 50°C. Selanjutnya larutan metoksit dimasukkan ke dalam beaker glass yang sudah berisi lipid., Setelah itu dipanaskan dengan menggunakan hotplate selama 30 menit pada suhu 50°C. Setelah dipanaskan, campuran reaksi didiamkan selama 24 jam sehingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas minyak biodiesel dan lapisan bawah gliserol. Selanjutnya dilakukan pengadukan minyak biodiesel dengan air hangat 1:1. Proses pengadukan dilakukan selama 30 menit didalam botol plastik. Proses pencucian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan, agar sisa-sisa gliserol pada minyak habis (Yanto, 2016).

Hasil transesterifikasi selanjutnya diuapkan untuk menghilangkan sisa pelarut (methanol) yang ada didalam minyak biodiesel. Proses penguapan dilakukan dengan menggunakan alat

yaitu rotary vaccum evaporator proses evaporasi dilakukan selama 50 menit dengan suhu 60°C. selanjutnya, bahan yang sudah dievaporasi dari bentuk cair akan berubah menjadi bentuk kental (seperti pasta).

Pada saat dilakukan penelitian hal yang harus di amati yaitu evaluasi lipid harian dengan cara pada saat dilakukan kultivasi *Spirulina* sp. untuk evaluasi lipid harian dilakukan pemanenan setiap toplesnya setiap hari lalu disaring dengan menggunakan kertas saring kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat biomassa basah setelah itu sampel dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 24 jam lalu ditimbang untuk mendapatkan berat biomassa kering. Sampel yang sudah kering dimasukkan kedalam aqua gelas dan diberi label, sehingga sampel yang didapatkan ada 7 sampel namun dengan 3 kali ulangan sehingga total keseluruhan sampel sebanyak 21 sampel. Selanjutnya dilakukan ekstraksi untuk mengukur kandungan lipid yang terdapat di *Spirulina* sp. Untuk mengetahui persentase lipid setelah dilakukan ekstraksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut (Blight dan Dyer, 1959) sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lipid} = \frac{\text{Bobot lipid}}{\text{Bobot biomassa} + \text{Bobot lipid}} \times 100\%$$

Setelah dilakukan kultivasi harian maka langkah selanjutnya adalah biomassa *Spirulina* sp. yang dihasilkan ditimbang berdasarkan berat basah (biomassa basah) kemudian biomassa di oven selama 24 jam dengan suhu 60°C, selanjutnya ditimbang sampai didapatkan berat kering yang konstan (biomassa kering). Untuk mendapatkan nilai berat kering dapat menggunakan rumus (Ogbonna, 2018):

$$\text{Berat kering} = W2 - W1$$

Keterangan:

W2 = berat kertas saring dan biomassa kering (g)

W1 = berat kertas saring (g)

Sedangkan untuk mendapatkan nilai biomassa kering dapat menggunakan rumus:

$$\% \text{ Biomassa kering} = \frac{\text{Bobot kering}}{\text{Bobot basah}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Biomassa basah} - \text{Biomassa kering}}{\text{Biomassa basah}} \times 100\%$$

$$\text{Produktivitas lipid} = \text{Biomassa kering} \times \text{Persentase lipid}$$

Salah satu pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung presentase dari *biodiesel yield* (hasil biodiesel). Setelah mendapat hasil biomassa akhir *Spirulina*

sp. dilakukan transesterifikasi untuk menjadi biodiesel yield. Biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak *Spirulina* sp. menggunakan katalis KOH dapat menghasilkan yield lebih banyak dikarenakan senyawa KOH termasuk basa kuat dimana asam tersebut dapat terlibat reaksi seperti hidrolisa karbohidrat. Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini adalah lipid yield. perhitungan % berat total lipid dengan rumus menurut Widianingsih *et al.* (2011) sebagai berikut:

$$\% \text{ Lipid} = (A-B)/C \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat labu akhir + lipid (gr)

B = berat labu awal (gr)

C = berat biomassa sampel/berat kering (gr)

Untuk menghitung biodiesel yield dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Yield} = \frac{\text{Massa biodiesel mentah}}{\text{Massa minyak mikroalga}} \times 100\%$$

Pengujian kualitas biodiesel digunakan dengan uji Gas chromatography Mass Spectrophotometry (GC-MS) untuk mengetahui jumlah dan kandungan metil ester yang terdapat didalamnya. Selain itu untuk mengetahui kandungan dari hasil ekstraksi minyak mikroalga dan biodiesel yang dihasilkan. Untuk pengujian diambil satu sampel biodiesel dari masing-masing mikroalga yang memenuhi hampir keseluruhan SNI pada setiap uji fisik sebelumnya. Metode yang digunakan untuk menentukan

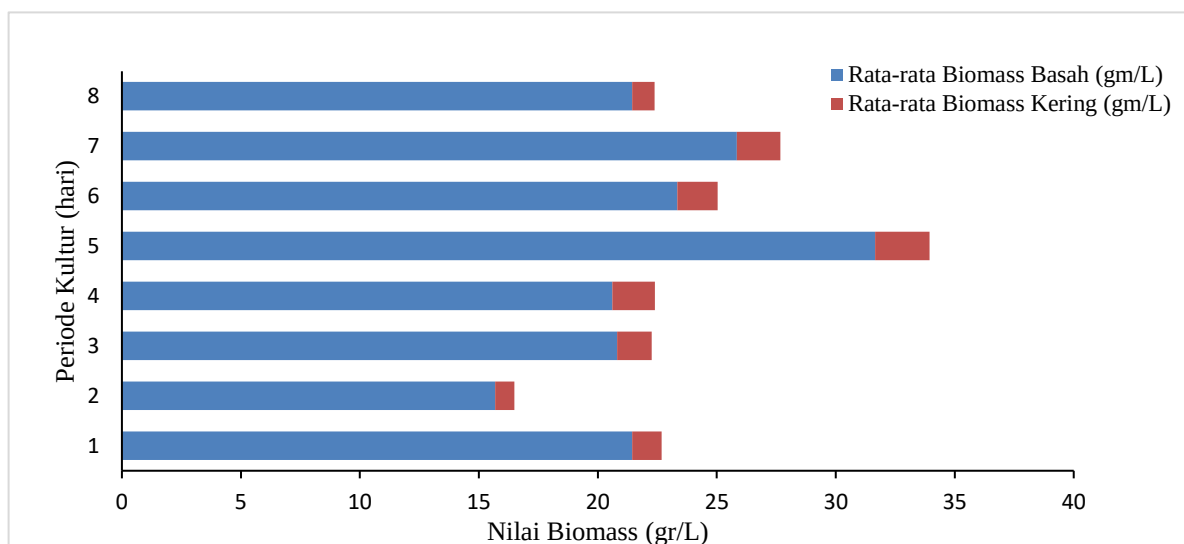
kualitas biodiesel yaitu metode Analisis Asam Lemak Etil Ester (FAME) dan metode Metil Ester (FAEE). Metode FAME dan FAEE merupakan salah satu metode terbaik untuk menentukan kualitas minyak. FAME dan FAEE dianalisis di laboratorium.

Kualitas air yang diukur setiap hari meliputi pH, salinitas dan suhu selama penelitian. Alat ukur yang digunakan yaitu pH diukur dengan menggunakan pH meter, salinitas diukur dengan menggunakan refraktometer, dan suhu diukur dengan menggunakan thermometer. Untuk kualitas media yang diukur adalah kadar nitrat dan fosfat dalam media kultur. Nitrat dan fosfat diukur diawal dan akhir penelitian. Data dianalisis dengan menggunakan analisis statistika deskriptif.

HASIL

Biomassa Akhir Harian

Berdasarkan hasil penelitian, biomassa akhir merupakan parameter yang diamati selama penelitian dengan cara menyaring lalu menimbang biomassa basah dan biomassa kering. Kultivasi *Spirulina* sp. dilakukan dengan menggunakan medialimbah budidaya udang vaname 75%, dengan salinitas 30 ppt dan menggunakan aerasi secara kontinu dengan penambahan pupuk Za. Kultivas harian *Spirulina* sp. dilakukan selama 7 hari. Untuk mengetahui biomassa *Spirulina* sp. pada kultivasi harian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1. Grafik produksi biomassa rata-rata (berat basah dan berat kering) yang dihasilkan

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat bahwasannya biomassa kering kultivasi harian *Spirulina* sp. tertinggi terdapat pada hari ke 4 dengan nilai yaitu 2,29 gr/L dengan persentase biomassa yaitu 7,24% dan biomassa kering

kultivasi harian *Spirulina* sp. terendah terdapat pada hari ke 7 (tujuh) dengan nilai yaitu 0,94 gr/L dengan persentase biomassa yaitu 4,38 %. Untuk dapat melanjutkan ke penelitian selanjutnya maka hal yang harus dilakukan yaitu

mendapatkan nilai produktivitas lipid tertinggi. Untuk mengetahui produktivitas lipid tertinggi dan yang terendah dapat dilihat pada Tabel 1.

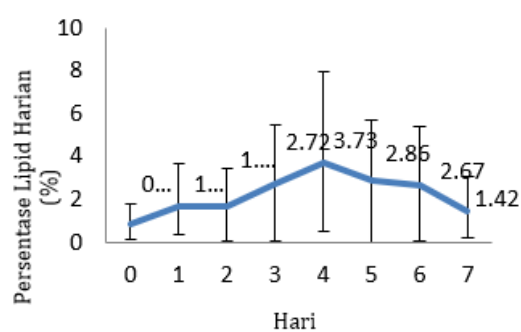
Tabel 1. Produktivitas Lipid Harian *Spirulina* sp.

Hari	Persentase Lipid (%)	Biomassa Kering (gr/L)	Produktivitas Lipid (gr/L)
0	0,84	1,24	0,0104
1	1,64	0,81	0,0133
2	1,69	1,46	0,0247
3	2,72	1,79	0,0487
4	3,73	2,29	0,0854
5	2,86	1,7	0,0486
6	2,67	1,83	0,0489
7	1,42	0,94	0,0133

Berdasarkan hasil produktivitas lipid harian *Spirulina* sp. diatas, dapat kita lihat bahwasannya produktivitas lipid tertinggi terdapat pada hari ke 4 (empat) dengan nilai yaitu 0,0854 gr/L dan produktivitas lipid terendah terdapat pada hari ke 0 (nol) dengan nilai yaitu 0,0104 gr/L. Oleh karena itu dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan kultivasi massal yang dilakukan pemanenan pada hari ke 4 (empat).

Evaluasi Lipid Harian

Evaluasi lipid harian dilakukan selama 7 hari (Gambar 2). Evaluasi lipid harian dilakukan dengan mengekstrak bubuk *Spirulina* sp. yang sudah kering dengan menggunakan soxhlet. Untuk mengetahui hasil lipid harian *Spirulina* sp. lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik Gambar 2. Pada awal kultur, kondisi kandungan lemak terus meningkat hingga pada hari ke-4 kultur dengan nilai 2.72%.



Gambar 2. Persentase Lipid Harian *Spirulina* sp.

Berdasarkan Gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa persentase lipid tertinggi terdapat pada hari ke 4 (empat) dengan nilai persentase lipid yaitu 3,73 % dan terendah pada hari ke 0 (nol)

dengan nilai persentase lipid yaitu 0,84%. Hal ini disebabkan karena pada hari ke empat merupakan fase stasioner, dimana pada fase stasioner ini mikroalga akan bertahan dengan menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk lemak sebagai pertahanan hidupnya.

Biodiesel Yield

Berdasarkan hasil penelitian, kultivasi massal *Spirulina* sp. dilakukan selama 4 hari. Berat basah, berat kering, kadar air, lipid yield, dan biodiesel yield *Spirulina* sp. pada kultivasi massal dapat dilihat pada Tabel 2.

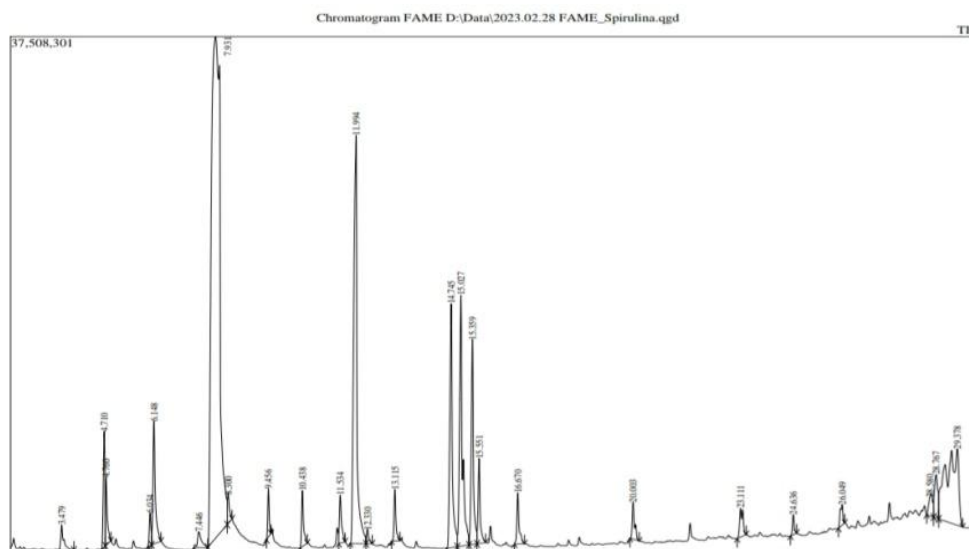
Tabel 2. Biodiesel Yield *Spirulina* sp. pada Kultivasi Massal 3.000 Liter

No	Parameter	Hasil (gr)	Persentase (%)
1	Berat basah	13.760	23,40
2	Berat kering	3.220	
3	Kadar Air	-	76,60
4	Lipid Yield	163,74	5,09
5	Biodiesel Yield	101,225	61,82

Berdasarkan Tabel 3, berat biomassa kering *Spirulina* sp. pada kultivasi massal dengan volume kultur sebanyak 3.000 L yaitu 3.220 gr dengan persentase 23,40 %. Untuk kadar air yang terdapat pada kultur massal *Spirulina* sp. yaitu sebesar 76,60 %. Kandungan lipid yield *Spirulina* sp. dalam kultivasi massal yaitu 163,74 gr dengan persentase 5,09 %, dan biodiesel yield yaitu 101,225 gr dengan persentase 61,82 %.

Untuk mengetahui kualitas biodiesel yield maka dilakukan analisa dengan menggunakan metode GC-MS. Analisa ini merupakan analisa kualitatif dan kuantitatif yang bisa digunakan untuk mengetahui jenis kandungan asam lemak dalam biodiesel beserta kuantitasnya. Adapun analisa hasil uji GC-MS diperoleh kandungan senyawa kimia dari biodiesel *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 3 an Tabel 3.

Berdasarkan hasil uji GC-MS pada Gambar 3 dan Tabel 3 menunjukkan komponen kimia biodiesel *Spirulina* sp. terdapat 26 puncak methyl ester. Terdapat 4 (empat) komponen senyawa kimia tertinggi pada *Spirulina* sp. yaitu pada *Heptadecane* (CAS) *n*-*Heptadecane* sebesar 41,35 %, *Hexadecanoic acid*, *Methyl ester* sebesar 13,03 %, *Isopropyl linoleate* sebesar 8,91 %, *9,12-Octadecadienoic acid (Z-Z)*-, *Methyl ester* yaitu 6,88%.



Gambar 3. Kromatogram Biodiesel *Spirulina* sp.

Tabel 3. Komponen Kimia Biodiesel *Spirulina* sp. Peak Report TIC

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Name
1	3.479	10550904	0.69	1847237	0.97	5.71	1-Tetradecene
2	4.710	29711876	1.94	8409332	4.44	3.53	Pentadecane (CAS) n-Pentadecane
3	4.760	16529770	1.08	4934305	2.60	3.35	3-Buten-2-one, 4-(2,5,5-trimethyl-3-oxatric
4	6.034	8119993	0.53	2333803	1.23	3.48	1-Pentadecene
5	6.148	42418595	2.77	8893086	4.69	4.77	Hexadecane
6	7.446	9456860	0.62	1165395	0.61	8.11	9-Eicosene, (E)-
7	7.931	633979234	41.35	36465586	19.24	17.39	Heptadecane (CAS) n-Heptadecane
8	8.300	8567435	0.56	2059481	1.09	4.16	Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Me
9	9.456	10450025	0.68	3510932	1.85	2.98	1-Octadecanol (CAS) Stenol
10	10.438	16154163	1.05	4077622	2.15	3.96	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-
11	11.534	15177343	0.99	3499068	1.85	4.34	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-
12	11.994	199710152	13.03	29711570	15.68	6.72	Hexadecanoic acid, methyl ester
13	12.330	4528333	0.30	1041856	0.55	4.35	Benzenepropanoic acid, 3,5-bis(1,1-dimeth
14	13.115	14461127	0.94	3659969	1.93	3.95	1-Heneicosanol
15	14.745	90996633	5.94	17382803	9.17	5.23	Gamma-Linolenic acid, methyl ester
16	15.027	105520564	6.88	18012828	9.50	5.86	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl e
17	15.359	65240444	4.26	14906904	7.87	4.38	Phytol
18	15.551	24808036	1.62	6131915	3.24	4.05	Methyl stearate
19	16.670	16308880	1.06	3711542	1.96	4.39	n-Tetracosanol-1
20	20.003	12865498	0.84	2691250	1.42	4.78	Octacosanol
21	23.111	13634360	0.89	2085046	1.10	6.54	1-Heptacosanol
22	24.636	5153255	0.34	1444887	0.76	3.57	Heneicosane
23	26.049	8424498	0.55	1487750	0.79	5.66	Tetratetracontane
24	28.580	12418697	0.81	1316318	0.69	9.43	Ethyl linoleate
25	28.767	21408692	1.40	3162874	1.67	6.77	14-BETA.-H-PREGNA
26	29.378	136600066	8.91	5569643	2.94	24.53	Isopropyl linoleate
		1533195433	100.00	189513002	100.00		

Kualitas Air

Media kultur *Spirulina* sp. secara keseluruhan dalam rentang kondisi yang masing baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Hasil penelitian kualitas air selama kultivasi *Spirulina* sp. menunjukkan bahwa parameter yang diperoleh masih optimal. Nilai suhu pada kultur *Spirulina* sp. yaitu 250C – 280C, salinitas yaitu 30 – 31 ppt, dan pH yaitu 7,0 – 7,9.

Pengukuran nitrat dan fosfat dilakukan untuk mengetahui tingginya kadar fosfat dan nitrat yang terkandung pada media kultur *Spirulina* sp. Pada penelitian ini, kadar nitrat

diawal penelitian yaitu 3,2 gr/L dan akhir 0,7 gr/L sedangkan fosfat di awal penelitian yaitu 4,3 gr/L dan diakhir yaitu <0,03 yang artinya yaitu nitrat dan fosfat dari media limbah budidaya udang vaname dimanfaatkan dengan maksimal oleh *Spirulina* sp. sebagai nutrient untuk pertumbuhannya.

PEMBAHASAN

Biomassa merupakan suatu material organik yang terbarukan karena berasal dari beberapa variasi organik yang tersedia di alam, salah satunya adalah biomassa yang dihasilkan

dari mikroalga yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembentukan biodiesel. Berdasarkan hasil penelitian, kultivasi harian *Spirulina* sp. memperoleh nilai biomassa kering yaitu 2,29 gr/L gr dengan persentase biomassa yaitu 7,24 %. Berdasarkan hasil penelitian Siti (2016) biomassa kering yang diproduksi pada media zarouk modifikasi memperoleh biomassa kering yaitu 11,224 gr dengan volume kultur yaitu sebanyak 10 liter. Berdasarkan pernyataan tersebut, biomassa yang saya peroleh pada saat kultur menghasilkan bobot biomassa yang lebih baik.

Hasil biomassa kering menunjukkan bahwa faktor yang menyebabkan tingginya biomassa yaitu karena reproduksi sel yang tinggi oleh *Spirulina* sp. dan adanya rangsangan nutrisi yang tersedia di media limbah budidaya udang vaname. Reproduksi sel *Spirulina* sp. bisa terjadi jika unsur hara yang tersedia di media kultur terpenuhi. Unsur hara yang dibutuhkan oleh *Spirulina* sp. yaitu nitrat dan fosfat. Kandungan nitrat yang diperoleh pada kultivasi *Spirulina* sp yaitu 3,2 mg/L dan nilai fosfat yang diperoleh pada kultivasi *Spirulina* sp. yaitu 4,3 mg/L. Hasil dari kandungan nitrat dan fosfat yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Putri dan Sopandi (2021) bahwa pertumbuhan fitoplankton akan melimpah apabila kadar nitrat yang terkandung mencapai nilai 0,9-3,5 mg/l. Menurut Boroh (2012), nilai fosfat optimum untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 0,27-5,5 mg/l. Apabila nilai fosfat kurang dari 0,02 mg/l maka menjadi faktor penghambat pertumbuhan mikroalga. Berdasarkan hasil dari tingginya biomassa maka nilai yang diperoleh dari produktivitas lipid harian *Spirulina* sp. tertinggi sama – sama terdapat pada hari ke 4 (empat). Menurut Megarani *et al.* (2018), pertumbuhan mikroalga yang baik tidak selalu menghasilkan lipid yang baik begitu juga sebaliknya.

Evaluasi lipid harian merupakan suatu evaluasi yang dilakukan untuk mendapatkan hasil lipid terbaik. Evaluasi lipid harian dengan media limbah budidaya udang vaname dan pupuk Za dengan dosis 0,1ml/L dilakukan pemanenan setiap toplesnya di setiap hari. Hasil dari biomassa keringnya diekstraksi dengan menggunakan soxhlet. Berdasarkan hasil penelitian, kultivasi *Spirulina* sp. menghasilkan lipid terbaik pada hari ke 4 (empat). Hasil terbaik persentase lipid yang dihasilkan dari ekstraksi *Spirulina* sp. dengan menggunakan soxhlet yaitu 4,09 %. Berdasarkan hasil penelitian Yola (2023), kandungan lipid yang diperoleh pada saat ekstraksi dengan menggunakan Soxhlet yaitu sebesar 1,62%. Menurut Megarani *et al.* (2018), pertumbuhan mikroalga yang baik tidak selalu menghasilkan lipid yang baik begitu juga sebaliknya. Kandungan lipid *Spirulina* sp.

tertinggi terdapat pada fase stasioner. Pada fase stasioner terjadi keseimbangan antara tingkat kematian dan tingkat pertumbuhan. pada fase stasioner ini mikroalga akan bertahan dengan menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk lemak sebagai pertahanan hidupnya dan mikroalga akan mempertahankan hidupnya dengan cara mengakumulasi lipid yang dikandungnya. Setelah fase stasioner maka fase berikutnya adalah penurunan laju pertumbuhan yang ditandai dengan menurunnya jumlah sel. Hal ini dikarenakan nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga sudah berkurang. Fase penurunan laju pertumbuhan terjadi pada hari ke 5 (lima)

Lipid ini merupakan sumber energi yang disimpan pada saat fotosintesis. Energi yang disimpan mikroalga pada saat fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan, cadangan makanan dan mempertahankan diri pada saat terjadi tekanan pada lingkungannya (Khoo *et al.*, 2011). Hal ini sesuai dengan pernyataan Panggabean (2011), bahwa produksi lipid atau penumpukan pencadangan lemak terjadi pada fase stasioner, yaitu ketika nutrient utama seperti nitrogen untuk sintese protein atau untuk produksi biomassa tidak mencukupi lagi. Faktor lainnya yang mempengaruhi kadar lipid yaitu kandungan yang terdapat dalam media kultur. Media kultur yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah budidaya udang vaname. Menurut Siregar dan Hasanah (2005), limbah terlarut budidaya udang vaname mengandung 77% nitrogen dan 85% fosfor. Kandungan nitrat dan fosfat terlarut akan dimanfaatkan oleh mikroalga *Spirulina* sp. untuk pertumbuhan. Reproduksi sel *Spirulina* sp. bisa terjadi jika unsur hara yang tersedia di media kultur terpenuhi. Kandungan nitrat yang baik untuk pertumbuhan fitoplankton *Spirulina* sp yaitu 0,9-3,5 mg/L dan nilai fosfat yang optimum untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. yaitu 0,27-5,5 mg/L.

Biodiesel adalah Fatty acid methyl ester (FAME) yang berasal dari minyak nabati dan lemak/lipid hewani. Biodiesel merupakan salah satu contoh biofuel yang berasal dari biomassa organisme biofuel adalah bahan bakar padat, cair ataupun gas yang merupakan turunan dari biomassa organisme (Patil *et al.*, 2008). Adapun molekul pembuat biodiesel disebut dengan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengekstraksi mikroalga *Spirulina* sp. dan dikonversi menjadi biodiesel berbahan baku mikroalga. Menurut Zainur dan Fradiyan (2016), proses transesterifikasi menggunakan katalis H₂SO₄ atau katalis KOH yang memiliki kelebihan yaitu reaksi akan berlangsung sangat cepat, bahan mudah diperoleh dan harganya relatif murah. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi dapat digunakan secara langsung ataupun

dicampur dengan bahan bakar diesel yang lain untuk digunakan dalam mesin diesel (Panggebean, 2010). Biodiesel memiliki keunggulan yaitu tidak memberikan efek pemanasan global jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar fosil sehingga lebih ramah lingkungan. Keunggulan lainnya yaitu merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat diperbarui, dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon (Haryanto, 2002).

Berdasarkan hasil penelitian biodiesel *yield Spirulina* sp. memperoleh nilai sebesar 101,225 gr dengan persentase 61,82 % yang menunjukkan kandungan cukup tinggi dari penelitian sebelumnya yang mendapatkan kandungan biodiesel *yield* hanya sebesar 2,69 % (Yola, 2023). Adapun bahan pelarut yang digunakan pada saat transesterifikasi yaitu methanol. Methanol merupakan suatu pelarut yang mampu mengikat semua komponen kimia yang terdapat pada tumbuhan bahan alam baik yang bersifat non polar, semi polar dan polar. Pelarut methanol menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi (Sayuti, 2017). Selanjutnya, proses pembuatan biodiesel menggunakan katalis KOH. Katalis KOH termasuk asam kuat dimana asam tersebut dapat terlibat reaksi seperti hidrolis karbohidrat. Katalis KOH sangat efektif dalam membuat energi aktivitas sistem menjadi turun, efektivitas lebih maksimal, waktu reaksi yang singkat dan suhu reaksi yang kecil (Baqi *et al.*, 2001).

Uji GC-MS digunakan untuk mengetahui kandungan senyawa kimia dari minyak mikroalga *Spirulina* sp. GC-MS merupakan metode kombinasi antara kromatografi gas dan spektrometri massa yang bertujuan untuk menganalisis berbagai senyawa dalam suatu sampel. Berdasarkan hasil uji GC-MS terdapat 4 komponen kandungan senyawa kimia yang tertinggi pada *Spirulina* sp. diantaranya adalah Heptadecane (CAS) n-Heptadecane sebesar 41,35 %, Hexadecanoic acid, Methyl ester sebesar 13,03 %, Isopropyl linoleate sebesar 8,91 %, 9,12-Octadecadienoic acid (Z-Z)-, Methyl ester yaitu 6,88%. Komponen senyawa kimia Heptadecane (CAS) n-Heptadecane termasuk kedalam senyawa alkana. Berdasarkan hasil penelitian senyawa Heptadecane (CAS) n-Heptadecane merupakan komponen kimia yang memiliki kandungan senyawa tertinggi yaitu 41, 35%. senyawa Heptadecane (CAS) n-Heptadecane termasuk kedalam senyawa alkana yang memiliki rumus molekul C₁₇H₃₆. senyawa Heptadecane (CAS) n-Heptadecane dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin mobil (Nasikin *et al.*, 2009). Selanjutnya senyawa Hexadecanoic acid, Methyl ester termasuk kedalam senyawa karboksilat yang termasuk kedalam golongan asam palmitat.

Senyawa Hexadecanoic acid, Methyl ester termasuk kedalam senyawa karboksilat dengan rumus molekul C₁₇H₃₄O₂. Senyawa Hexadecanoic acid, Methyl ester dapat digunakan sebagai pelumas (Desmukh dan Jadhav, 2013). Selain itu Hexadecanoic acid, Methyl ester termasuk ke dalam golongan senyawa karboksilat yang berpotensi sebagai bahan bakar yaitu bensin yang dapat digunakan untuk kendaraan bermotor (Sudarma, 2010). Sedangkan 9,12-Octadecadienoic acid (Z-Z)-, Methyl ester disebut juga sebagai asam linoleat omega-6 yang tak jenuh yang memiliki rumus molekul C₁₉H₃₄O₂. Senyawa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar minyak solar (Aziz *et al.*, 2014). Hasil analisis kromatogram ini berbeda dengan kandungan yang terdapat pada penelitian Marnelisa *et al.* (2022) memperoleh kandungan biodiesel pada *Dunaliella salina* adalah 11-Octadecadenoic acid sebesar 31,49%, Hexadecanoic acid sebesar 10,34%, dan methyl strate sebesar 2,96%. Dalam ketentuan biodiesel terdapat syarat adanya bilangan setana dimana memiliki atom C sebanyak 16 atau lebih. Jadi, dari hasil GC-MS *Spirulina* sp. ini memenuhi ketentuan untuk dikatakan sebagai biodiesel. Karena memiliki atom C lebih dari 16. Hasil analisa uji GC-MS menunjukkan bahwa data tersebut dapat dinyatakan senyawa biodiesel, yaitu metil ester.

Kualitas air media merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan dan peningkatan sel *Spirulina* sp. Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa parameter kualitas air yang diperoleh masih optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. Suhu dapat berubah sesuai dengan kondisi lingkungan sekitar seperti hujan, mendung, dan panas yang dapat mempengaruhi pertumbuhan, meskipun dilakukan dalam ruangan tertutup tetapi kondisi lingkungan luar sangat berpengaruh. Suhu merupakan faktor yang menentukan pertumbuhan mikroalga. *Spirulina* sp. termasuk ke dalam mikroalga mesofilik, yang dapat tumbuh dengan suhu optimum pertumbuhannya 25 – 33° C (Muliani *et al.*, 2018).

Nilai pH merupakan salah satu faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. pH sangat penting bagi kehidupan mikroalga. Menurut Lesmana *et al.* (2019), pH yang baik untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. berkisar 6-8. Nilai rata-rata pH yang diperoleh pada penelitian ini berkisar pada 7,0 – 7,9. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pH kultur masih pada nilai pH normal pada rentang 6-8.

Spirulina sp. bersifat euryhaline dengan kisaran salinitas antara 20 -70 ppt (Robi dsn Hidayati, 2014). Pada penelitian ini dilakukan kultur pada salinitas air laut normal dengan kisaran salinitas 30 – 31 ppt. Pada kultur terjadi

perubahan salinitas yang tidak signifikan besar. Salinitas media kultur meningkat karena terjadi penguapan akibat pengaruh dari panas lampu yang digunakan saat kultivasi (Nisak *et al.*, 2013). Selain itu, kenaikan salinitas juga diduga berasal dari pengadukan media kultur dari aerator sehingga mengakibatkan terjadinya penguapan.

Kadar nitrat dan fosfat dimanfaatkan oleh *Spirulina* sp. untuk pertumbuhannya. Limbah budidaya udang vaname dan pupuk Za memiliki kandungan nitrat dan fosfat yang mendukung pertumbuhan sel dari *Spirulina* sp. Pemanfaatan sumber nitrogen dalam bentuk nitrat mampu meningkatkan biomassa *Spirulina* sp. Sedangkan fosfat diperlukan sebagai transfer energi dari luar ke dalam sel organisme, sehingga fosfat merupakan salah satu unsur utama yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroalga maupun meningkatkan biomassa mikroalga (Mutia *et al.*, 2021).

Kandungan nitrat yang diperoleh pada kultivasi *Spirulina* sp. yaitu 3,2 mg/L dan nilai fosfat yang diperoleh pada kultivasi *Spirulina* sp. yaitu 4,3 mg/L. Hasil dari kandungan nitrat dan fosfat yang diperoleh sesuai dengan pernyataan Putri dan Sopandi (2021), bahwa pertumbuhan fitoplankton akan melimpah apabila kadar nitrat yang terkandung mencapai nilai 0,9-3,5 mg/l. Menurut Boroh (2012), nilai fosfat optimum untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 0,27-5,5 mg/l, apabila nilai fosfat kurang dari 0,02 mg/l maka menjadi faktor penghambat pertumbuhan mikroalga. Dari hasil penelitian nitrat dan fosfat dari media limbah budidaya udang vaname dan pupuk Za dimanfaatkan dengan maksimal oleh *Spirulina* sp. sebagai nutrient untuk pertumbuhannya.

KESIMPULAN

Lipid harian *Spirulina* sp pada kultivasi massal dalam media limbah budidaya udang vaname terbaik terdapat pada hari ke-4 dengan nilai persentase lipid yaitu 3,73 %. Biomassa akhir harian *Spirulina* sp. tertinggi terdapat pada hari ke-4 sebanyak 2,29 gr/L dengan persentase biomassa 7,24 %. Produktivitas lipid harian *Spirulina* sp. tertinggi juga terdapat pada hari ke 4 (empat) yaitu 0,0854 gr/L. Biomassa *Spirulina* sp. memperoleh berat kering yaitu 3.220 gr dengan persentase 23,40 %, kadar air sebesar 76,60 %, lipid *yield* 101,195 gr dengan persentase 3,14 %, dan biodiesel *yield* 0,926 gr dengan persentase 0,91 %. Hasil uji kualitas biodiesel kandungan senyawa tertinggi yaitu Heptadecane (CAS) n-Heptadecane yaitu sebesar 41,35%. Biodiesel yang dihasilkan dapat berpotensi sebagai bahan bakar mesin mobil. Sedangkan senyawa kimia terendah yaitu senyawa 9,12-Octadecadienoic acid (Z-Z)-, Methil ester sebesar 6,88 %, dapat digunakan sebagai bahan bakar

minyak solar. Kualitas air pada kultur *Spirulina* sp. menunjukkan parameter yang masih optimal dengan nilai suhu 25 – 28°C, salinitas 30 – 31 ppt, pH 7,0 – 7,9, nitrat awal 3,2 mg/L dan akhir 0,7 mg/L, dan fosfat awal 4,3 mg/L dan akhir <0,03 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Kami mengucapkan dukungan yang luar biasa pada penyediaan Laboratorium di Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, I. Nubayti, S. Dalili, L. A. 2014. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Valensi* 1(1): 19-23.
- Baqi, F. Rizqyta, S. I. P. Yustia, W. M. 2022. Proses Pembuatan Biodiesel dari Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Menggunakan Metode Transesterifikasi In-Situ dengan Katalis KOH. *Jurnal of Chemical Engineering* 6(2): 92-97.
- Boroh R. 2012. Pengaruh Pertumbuhan *Chlorella* sp. Pada Beberapa Kombinasi Media Kultur. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi Pertumbuhan Populasi *Spirulina* sp. pada Skala Kultur yang Berbeda [Study of *Spirulina* sp. Population Growth in The Different Culture Scale]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 26-33.
- Dawud, L., Sugeng, W., Tri, C. S. 2015. Uji Efektifitas Pertumbuhan *Spirulina* sp. pada Limbah Cair Tahu yang Diperkaya Urea dan Super Phosphate 36 (SP 36). Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Jember.
- Diniariwisani, D., & Muahiddah, N. (2024). Pertumbuhan *Spirulina* pada Berbagai Perlakuan Media Kultivasi. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 7(2), 541-549.
- Djamaludin, H. Chamidah, A. 2021. Analisis Komposisi Asam Lemak Ekstrak Minyak Mikroalga *Spirulina* sp. dengan Metode Ekstraksi yang Berbeda. *Journal of fisheries and Marine Research*. Vol. 5 No. 2. 256-261.
- Lebeharia, S. M. 2016. Pertumbuhan dan Kualitas Biomassa *Spirulina* platensis yang di Produksi Pada Media Zarouk Modifikasi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Lesmana, P. A., Diniarti, N., Setyo, B. D. H. 2019. Pengaruh Penggunaan Limbah Air Budidaya Ikan Lele Sebagai Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Perikanan*. 9 (1): 50-56
- Mauliyani. 2020. Modifikasi Media *Spirulina* platensis dengan Pemanfaatan Air Limbah Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Skripsi. Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh. Aceh Utara.
- Meritasari, D., Mubarak, A.S., Sulmartiwi, L., dan Masithah, E.D. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk

- Cair Limbah Ikan Lemuru (*Sardinella* Sp.) dengan Dosis yang Berbeda terhadap Pertumbuhan *Chlorella* sp. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4. 27-32.
- Muliani, Eva A., dan Muhammad, C. A. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing (Bekas Cacing) Yang Difermentasi Dengan Dosis Yang Berbeda Dalam Kultur *Spirulina* sp. *Acta Aquatica. Aquatic Sciences Journal*. Vol.5(1) : 30-35.
- Mutia, S., Nedi, S., Elizal. 2021. Efek konsentrasi Nitrat dan Fosfat Pada *Spirulina* platensis. Dengan Skala dalam Ruangan. Departemen of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Universitas Riau, Pekanbaru. *Asian Jurnal Of Aquatic Sciences*.
- Nasikin, M. Bambang, H. S. Muhammad, A. H. dan Anondho, W. 2009. Biogasololn From Palm Oil by Simultaneous Cracking and Hydrogenation Raction Over Nimo/Zeolite Catalyst. *Word Applied Science Journal* (5): 1818-4952.
- Nisak, K., B. S. Rahardja, E. D. Masihat. 2013. Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal ilmiah Perikanan dan Kelautan*. Vol 5(2), 175-180.
- Oliveira, M. A. C. L. De, M. P. Monteiro, P. G. Robbs, and S. G. F. Leite. 1999. Growth and Chemical Composition of *Spirulina* maxima and *Spirulina* plantesis biomas at Different Temperatures. *Aquaculture International* 7:261-275. (B)
- Panggabean, L. 2011. Fikalisasi Karbon Dioksida Pada Mikroalga *Chlorella* strain ancol dan *Nannochloropsis oculata*. *Jurnal Oceanology dan Limnologi*: 309-321.
- Putri, S. A., dan Sopandi, T. 2021. Konsumsi Nitrogen Oleh *Spirulina* platensis. Dari Kotoran Burung Puyuh Sebagai Media Kultivasi. Program Studi Biologi, FST, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. *Jurnal Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam UNIVA*.
- Robi dan Hidayati N. 2014. Pemanfaatan ekstrak Touge Kacang Hijau (*Phaseolus radiates*) sebagai Pupuk untuk Meningkatkan Populasi *Spirulina* sp. Skripsi, Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sayuti, M. 2017. Pengaruh Perbedaan Ekstraksi Bagian Jenis Pelarut Terhadap Rendemen dan Aktivitas Antioksidan Bambu Laut (*Issis hippuris*). *Technol. Sci. eng. J* 1(3): 166-174.
- Siregar, P. R., & Hasanah, I. 2005. Wajah Tambak Udang Indonesia. Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta.
- Sudarma, I. M. 2010. Uji Fitokimia, Estraksi, Isolasi, dan Transformasi Senyawa Bahan Alam. Mataram
- Widawati, D., Santosa, G. W., & Yudiati, E. (2022). Pengaruh pertumbuhan *Spirulina* platensis terhadap kandungan pigmen beda salinitas. *Journal of Marine Research*, 11(1), 61-70.
- Widianingsih, R. Hartati, H. Endrawati, E. Yudiati, V. R. Iriani. 2011. Pengaruh Pengurangan Konsentrasi Nutrien Fosfat dan Nitrat Terhadap Kandungan Lipid Total *Nannochloropsis oculata*. *Jurnal Ilmu Kelautan* 16(1): 24-29.
- Yola, A. 2023. Kultivasi Massal Cyanobacteria *Spirulina* sp. dalam Kotoran Ternak Kambing Untuk Produksi Biodiesel. Skripsi. Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara.
- Zainur, G., dan Fradiyan, A. 2016. Pengaruh Katalis Asam H₂SO₄ dan Suhu Reaksi dalam Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Minyak Ikan. *Jurnal industry pertanian* (01): 46-6.
- Zhang, Y., Su, H., Zhong, Y., Zhang, C., Shen, Z., Sang, W., Yan, G., and Zhou, X. 2012. The Effect of Bacterial Contamination on The Heterotrophic Cultivation of Mikroalga in Wastewater from The Production of Soybean Products. *Water Research*. 46. 5509 - 5516.