

Produksi Lipid Mikroalga Laut *Skeletonema* sp. Hasil Kultur Massal di Outdoor Raceway Pond Sebagai Bahan Baku Biodiesel

Lipid Production of Marine Microalga *Skeletonema* sp. Mass Cultivated in Outdoor Raceway Pond as Biodiesel Feedstock

Fitrah¹⁾, Indrayani^{2*)}, Emiyarti¹⁾

¹⁾Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Halu Oleo, Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kel. Kambu, Kec. Kendari Afiliasi

²⁾Program Studi Pendidikan Teknologi Pertanian Fakultas Teknik
Universitas Negeri Makassar, Kampus UNM Gunung Sari Jl. AP. Pettarani Makassar, Sulawesi Selatan, 90221

Corresponding author^{*)}: indrayani@unm.ac.id

ABSTRACT

Skeletonema sp. is a marine microalgae widely studied for its potentials as a raw material for biodiesel due to fast growth, high lipid content and resistant to environmental changes. The aim of this study was to determine the specific growth rate, biomass production, lipid content and lipid productivity of a newly isolated marine microalga *Skeletonema* sp. mass cultivated in 1 m² outdoor raceway pond. This study was conducted from June - December 2019 in the hatchery of Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Purirono Kendari. The alga species was cultivated in 1m² raceway pond in outdoors for a month. The alga was cultured using f/2 medium under semi-continuous mode with harvesting time every 4 days. Sampling for cell counting was done every two days whereas sampling for biomass and lipid was conducted prior to harvesting (every 4 days). The results showed that the *Skeletonema* sp. can grow well in outdoor raceway ponds with an average specific growth rate of 0.30 d⁻¹, biomass yield of 0.62 g.L⁻¹, biomass productivity of 0.222 g.L⁻¹.d⁻¹, lipid yield of 0.28 g.L⁻¹, lipid content of 44.81%, and lipid productivity of 0.092 g.L⁻¹.d⁻¹. This study showed that the *Skeletonema* sp. has the potential to be developed as a raw material for biodiesel due to its high growth rate, biomass and lipid productivity when mass cultured in outdoors.

Keywords: Biodiesel, Lipids, Microalgae, *Skeletonema* sp.

ABSTRAK

Skeletonema sp. adalah salah satu jenis mikroalga laut yang banyak diteliti potensi pemanfaatannya sebagai bahan baku biodiesel karena mempunyai pertumbuhan yang cepat, kandungan lipid yang tinggi serta tahan terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan spesifik, produksi biomassa, kandungan lipid, dan produktivitas lipid isolat baru *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor. Pengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Oktober 2019 di Balai Benih perikanan Unit Peleksana Teknis Daerah (UPTD) Purirono Kota Kendari. Mikroalga *Skeletonema* sp. di kultur massal pada kolam raceway 1m² di outdoor selama sebulan. Pengambilan sampel untuk penghitungan sel dilakukan setiap 2 hari sedangkan sampling untuk biomassa dan lipid dilakukan setiap panen (4 hari sekali). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Skeletonema* sp. dapat tumbuh dengan baik pada kolam raceway 1 m² di outdoor dengan laju pertumbuhan spesifik rata-rata 0,30 hari⁻¹, biomassa yield 0,62 g.L⁻¹, produktivitas biomassa 0,222 g.L⁻¹.h⁻¹, kandungan lipid 44,81% , lipid yield 0,28 g.L⁻¹, dan produktivitas lipid 0,092 g.L⁻¹.h⁻¹. Penelitian ini menunjukkan bahwa *Skeletonema* sp. potensil untuk dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel karena pertumbuhannya cepat, produktivitas biomassa dan lipid yang tinggi serta dapat dikultur massal di outdoor.

Kata Kunci: Biodiesel, lipid, mikroalga, *Skeletonema* sp.

DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jsipi.v6i1.17075>

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi berbasis fosil seperti solar, bensin dan minyak tanah dari masyarakat Indonesia bahkan berbagai negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan tajam. Eksploitasi secara terus-menerus terhadap bahan bakar fosil yang merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (unrenewable energy) mengakibatkan keberadaannya semakin menipis. Hal ini akan mengakibatkan bahan bakar fosil menjadi langka yang akan berdampak pada meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM) dunia. Keadaan ini telah membuat sebagian besar negara-negara di dunia salah satunya adalah Indonesia untuk mencari sumber-sumber bahan bakar alternatif yang dapat dikembangkan dari bahan dasar lain yang dapat diperbaharui dan bersifat ramah lingkungan (Kwangdinata dkk, 2013). Perkembangan bioteknologi pada masa ini telah banyak dilakukan peneliti salah satunya sumber terbarukan alternatif yang dikembangkan adalah biodiesel dengan memanfaatkan makhluk hidup yang tumbuh dan berkembang di perairan laut adalah mikroalga (Oktavianus, 2018).

Mikroalga adalah mikroorganisme yang berfotosintesis dan berkembang biak dengan cara membelah diri. Melalui proses fotosintesis mikroalga mengkonversi CO₂ menjadi biomasa yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk salah satunya sebagai sumber bahan baku biodiesel (Saadudin dkk, 2011). Mikroalga merupakan organisme yang memiliki potensi sebagai penghasil bahan baku biodiesel karena mempunyai kemampuan yang sangat besar untuk menghasilkan minyak alami (lipid) lebih kurang 60% dari berat kering (Sobari dkk, 2013). Mikroalga memiliki kandungan minyak mencapai 77%, dimana sangat berpotensi digunakan sebagai biodiesel yang merupakan sumber energi alternatif dan berdasarkan perhitungan mikroalga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan sumber nabati lainnya contohnya seperti minyak kelapa sawit (Sumatri dkk,2014).

Mikroalga diibaratkan sebagai pabrik kecil dalam ukuran sel mikro yang mengubah karbon dioksida menjadi material potensial seperti biofuel, pangan, dan biomaterial melalui energi matahari (Hadiyanto,2012). Produktifitas minyak mikroalga termasuk *Skeletonema* sp. jauh lebih besar dibanding

minyak yang berasal dari tumbuhan tinggi seperti kelapa sawit, minyak (lipid) yang dihasilkan mikroalga dapat mencapai sedikitnya 10 kali minyak kelapa sawit (Saadudin dkk,2011)

Skeletonema sp. merupakan mikroalga yang termasuk dalam kelas Bacillariophyceae yang tidak menghasilkan racun, mudah untuk dikultur dan pertumbuhannya relatif cepat ketika dikultur massal di outdoor karena tahan akan perubahan salinitas dan intensitas cahaya yang drastis (Isnansetyo & Kurniastuti, 1995).

Skeletonema sp. yang dikultur pada penelitian ini merupakan spesies lokal yang baru diisolasi dari perairan Kota Kendari, Sulawesi Tenggara. Hasil studi sebelumnya pada kondisi indoor menunjukkan bahwa spesies ini memiliki pertumbuhan yang cepat serta kandungan lipid yang cukup tinggi sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel (Indrayani et al., 2020). Untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel, mikroalga harus mampu dikembangkan secara massal pada kondisi outdoor. Oleh karena itu, untuk mengetahui produksi biomassa dan lipid yang dapat diperoleh dari mikroalga *Skeletonema* sp. sebagai bahan baku alternatif pembuatan biodiesel, maka perlu dilakukan penelitian produksi lipid mikroalga *Skeletonema* sp. yang dikultur massal di outdoor.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni – Desember 2019. Penelitian ini dilakukan di Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Balai Benih Udang Dinas Kelautan dan Perikanan, Kecamatan Purirano Kota Kendari dan di Laboratorium Pengujian Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari Sulawesi Tenggara.

Spesies Mikroalga

Spesies mikroalga yang digunakan adalah *Skeletonema* sp. yang diisolasi dari perairan Kendari oleh Indrayani pada tahun 2017 (Indrayani et.al 2018).

Persiapan Inokulum kultur di indoor

Skeletonema sp. dikultur di laboratorium secara bertahap untuk menyiapkan inokulum kultur sebagai starter kultur massal di outdoor. Persiapan inokulum dimulai dari kultur volume 150 mL lalu ke 1 L dan ke 10 L. Mikroalga ini di kultur menggunakan media

F/2, kultur diinkubasi pada suhu kamar dengan penerangan lampu neon dengan intensitas cahaya sekitar 100 μmol . Photon.m-2.s-1 dengan siklus gelap dan terang masing-masing 12 jam.

Kultur massal di outdoor

Sebelum inokulasi di outdoor, kolam kultur massal yang berupa kolam terpal raceway dipersiapkan dengan cara dicuci dan dibersihkan dengan air laut bersih. Setelah bersih baru kemudian diisi dengan air laut yang telah disaring hingga kedalaman 10 cm. Inokulum/starter kultur sebanyak 20 L dimasukkan secara perlahan-lahan kedalam kolam kultur. Kolam kultur selanjutnya ditambahkan air laut sampai kedalam 20 cm. Inokulasi dilakukan pada pagi hari untuk menghindari stres akibat intensitas cahaya yang tinggi. Kultur massal di kolam raceway di outdoor dilakukan selama 1 bulan dengan metode semi-kontinyu.

Ekstraksi lipid

Ekstraksi lipid menggunakan metode Bligh and Dyer (1959) yang dimodifikasi oleh Kates and Volcani (1966). Dimana sampel sebanyak 5 mL difilter terlebih dahulu lalu dihancurkan kedalam tabung reaksi menggunakan batang kaca, setelah sampel hancur kemudian ditambahkan 1 mL larutan campuran (air + chloroform + methanol) untuk melarutkan ekstraksi lalu dipindahkan kedalam gelas tube. Kemudian tambahkan 1 mL larutan campuran untuk membersihkan sisa ekstraksi pada tabung reaksi dan pindahkan kedalam gelas tube. Selanjutnya tambahkan 3,7 mL larutan campuran kedalam gelas tube setelah itu larutan disentrifugasi selama 20 menit pada tekanan 3000 rpm. Dimana larutan hasil sentrifugasi dipindahkan kedalam gelas tube dan ditambahkan kembali larutan campuran sebanyak 5,7 mL lalu disentrifugasi kembali. Setelah itu sampel tersebut digabungkan kedalam gelas tube dan hasil sentrifugasi kemudian ditambahkan larutan 3 mL air + 3 mL chloroform lalu divortex agar larutan tersebut tercampur rata. Setelah itu diinkubasi selama 24 jam didalam lemari pendingin hingga terbentuk dua lapisan larutan, dimana lapisan bawah berupa lipid yang larut dalam chloroform dan lapisan atas berupa cairan air + methanol. Selanjutnya lapisan atas dikeluarkan dan lapisan bawah yang berupa lipid dipindahkan dalam gelas vial yang telah ditimbang. Chloroform pada sampel lipid dievaporasi menggunakan N₂ gas dan gelas vial yang berisi lipid benar-benar kering lalu ditimbang kembali, dimana hasil dari selisih berat vial merupakan berat lipid

Metode Analysis

Penghitungan jumlah sel

Pertumbuhan kultur dimonitor dengan menghitung jumlah sel setiap 2 hari menggunakan Neubauer haemocytometer (Moheimani et al., 2013).

Menentukan laju pertumbuhan specific (Specific growth rate)

Laju pertumbuhan specific (specific growth rate (μ)) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\mu = \frac{\ln(N_2/N_1)}{t_2 - t_1}$$

Menentukan berat kering biomass (Dry weight (DW) dan berat kering organic (ash free dry weight (AFDW))

Dimana penentuan DW dan AFDW mengacu pada standar metode untuk mengukur pertumbuhan microalgae (Moheimani et al., 2013):

$$DW (g.L^{-1}) = W_2 - W_1$$

Dimana: DW = Berat kering biomass

W₂ = Berat kertas saring + alga

W₁ = Berat kertas saring

Filter kemudian dipindahkan ke oven furnace pada suhu 450°C selama 5 jam. Berat kering organic (Ash-free dry weight) dihitung menggunakan formula berikut:

$$AFDW (g.L^{-1}) = DW - \text{Berat abu}$$

Produktivitas biomass (PB)

Produktivitas biomass dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$PB (g.L^{-1}.L^{-1}. \text{Hari}^{-1}) = \mu \times AFDW$$

Dimana: PB = Produktivitas biomass

μ = Laju pertumbuhan

Total Lipid (Lipid Yield (LY))

Total lipid dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total lipid } (g.L^{-1}) = (\text{Berat vial} + \text{lipid alga}) - \text{Berat vial}$$

Produktivitas Lipid (PL)

Produktivitas lipid ($g.L^{-1}$) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas lipid } (g.L^{-1}. \text{hari}^{-1}) = \mu \times \text{Total lipid}$$

Dimana: PL = Produktivitas lipid

μ = Laju Pertumbuhan

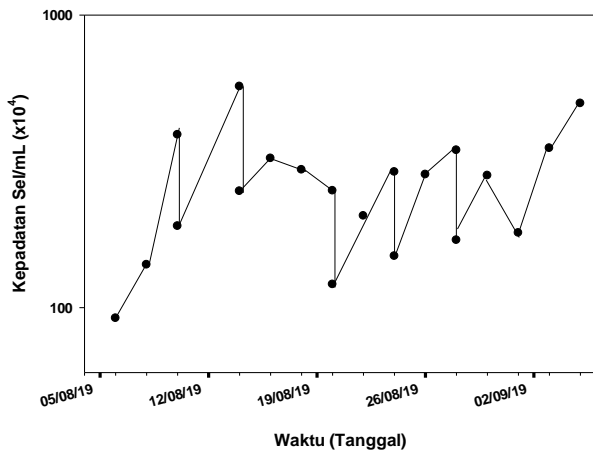
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pertumbuhan *Skeletonema* sp.

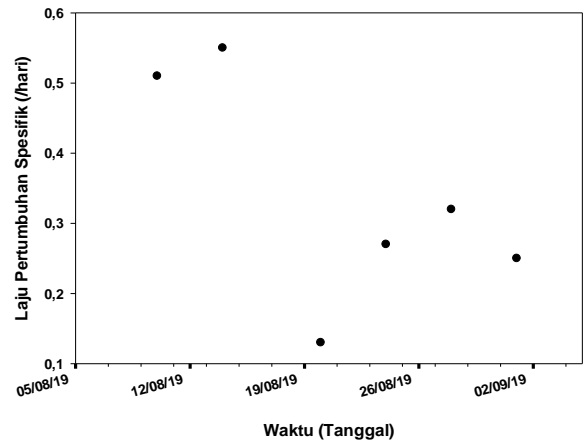
Hasil perhitungan sel mikroalga laut *skeletonema* sp. selama masa kultur kurang lebih sebulan pada kolam raceway di outdoor dengan mode semikontinyu dapat dilihat pada Gambar 1. Pada

gambar tersebut terlihat bahwa mikroalga dapat tumbuh dengan baik selama masa periode kultur. Pada awal inokulasi dengan kepadatan sel sekitar $92 \times 10^4 \text{ sel.mL}^{-1}$ hingga hari ke 4 kepadatan sel mengalami peningkatan yang cukup cepat mencapai $190 \times 10^4 \text{ sel.mL}^{-1}$ dan mulai berkurang pada saat memasuki hari ke 6 yang ditandai dengan awal fase stationer. Saat memasuki fase stationer, kultur dipanen sebagian (50%) kemudian ditambahkan media kultur yang baru serta diberikan nutrient yang sesuai dosis dan dibiarkan tumbuh hingga 2-4 hari baru kemudian dipanen hingga seterusnya selama masa periode kultur. Kepadatan sel tertinggi diperoleh pada hari ke 5 dan 20 dengan kepadatan sel mencapai $499 - 570 \times 10^4 \text{ sel.mL}^{-1}$.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan *Skeletonema* sp. Pada Kolam Raceway 1m² di outdoor.

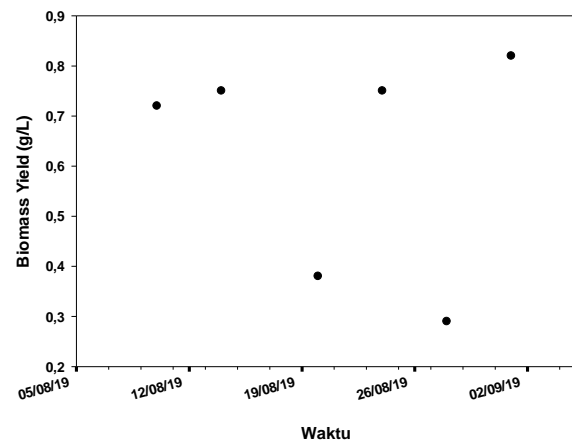
Hasil analisis laju pertumbuhan spesifik mikroalga laut *skeletonema* sp. selama periode kultur pada kolam raceway di outdoor dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis menunjukkan laju pertumbuhan spesifik *skeletonema* sp. tertinggi diperoleh pada panen ke 2 dengan nilai 0,55/hari dan nilai terendah pada panen ke 3 dengan nilai 0,13/hari dengan demikian diperoleh nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik *skeletonema* sp. yaitu 0,30/hari (Gambar 2).



Gambar 2. Laju pertumbuhan spesifik (/hari) *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

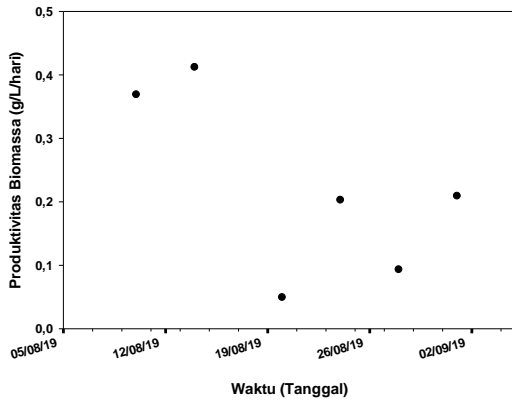
Yield Biomassa dan Produktivitas Biomassa *Skeletonema* sp.

Hasil analisis yield biomassa *skeletonema* sp. yang dikultur massal di outdoor pada kolam raceway 1 m² menunjukkan nilai yield biomassa tertinggi terdapat pada saat panen ke 6 dengan nilai yield biomasanya yaitu 0,82 g/L dan nilai yield terendah terdapat pada panen ke 5 dengan nilai yield biomasanya yaitu 0,29 g/L dengan diperoleh nilai rata-rata yield biomassa dengan nilai 0,62 g/L (Gambar 3).



Gambar 3. Biomass yield (g/L) *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

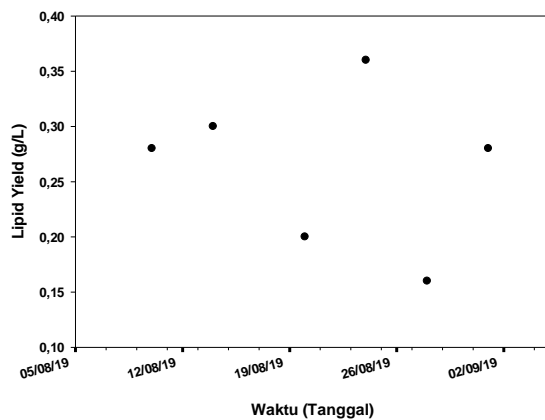
Produktivitas biomassa *skeletonema* sp. diperoleh nilai tertinggi yaitu 0,412 g/L/h pada saat panen ke 2 dan terendah dengan nilai yaitu 0,049 g/L/h pada saat panen ke 3 dengan nilai rata-rata produksivitas biomassa sebesar yaitu 0,222 g/L/h (Gambar 4).



Gambar 4. Produktivitas biomassa (g/L/hari) *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

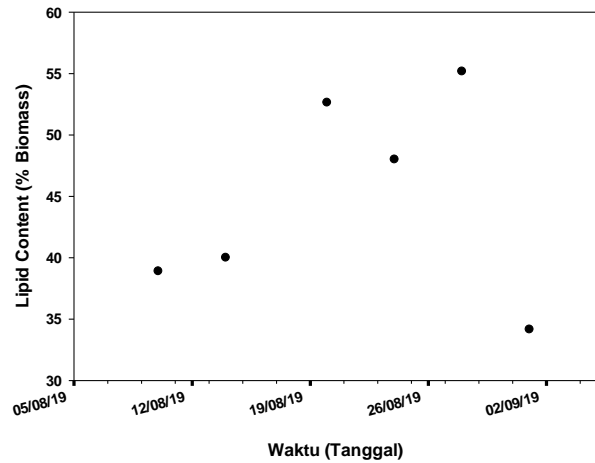
Lipid Yield, Lipid Content dan Produktivitas Lipid *Skeletonema* sp.

Hasil analisis lipid yield *Skeletonema* sp. yang dikultur massal secara outdoor pada kolam raceway 1 m² menunjukkan nilai lipid yield tertinggi terdapat pada saat panen ke 4 dengan nilai lipid yield yaitu 0,36g/L dan nilai lipid yield terendah terdapat pada panen ke 5 dengan nilai lipid yield yaitu 0,16 g/L dengan nilai rata-rata lipid yield yaitu 0,28g/L (Gambar 5).



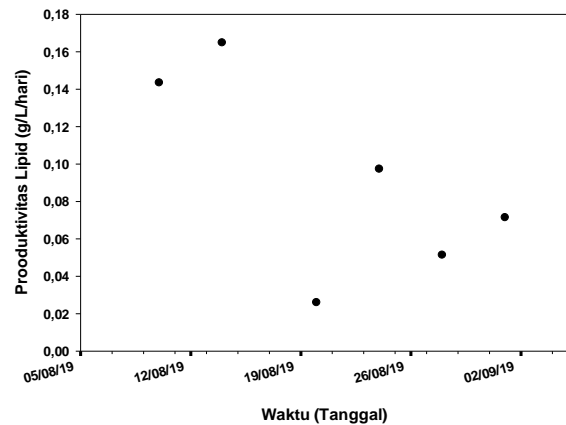
Gambar 5. Lipid yield (g/L) *Skeletonema* sp. Yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

Kandungan lipid *Skeletonema* sp. yang dikultur massal secara outdoor pada kolam raceway 1 m² menunjukkan nilai lipid tertinggi yaitu 55,17% dan nilai terendah yaitu 34,15% dengan rata-rata kandungan lipid yang diperoleh adalah 44,81% (Gambar 6).



Gambar 6. Lipid content (% Biomass) *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

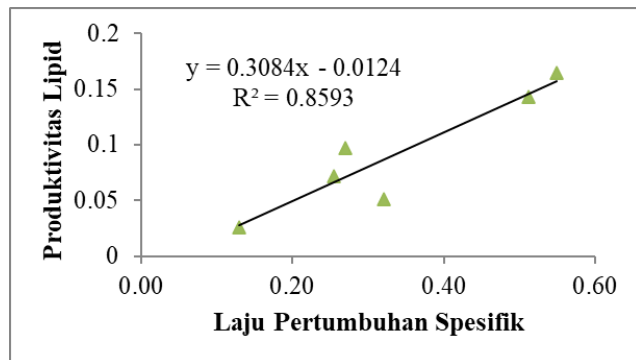
Produktivitas lipid *Skeletonema* sp. diperoleh nilai tertinggi yaitu 0,165 g/L/h, pada saat panen ke 2 dan terendah dengan nilai yaitu 0,025g/L/h pada saat panen ke 3 dengan nilai rata-rata yaitu 0,092 g/L/h (Gambar 7).



Gambar 7. Produktivitas lipid (g/L/h) *Skeletonema* sp. yang dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor.

Hubungan Laju Pertumbuhan Spesifik dan Produktivitas Lipid

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan spesifik mikroalga laut *Skeletonema* sp. dan produktivitas lipid memiliki korelasi yang kuat dimana semakin tinggi laju pertumbuhan maka semakin tinggi pula produktivitas lipid (Gambar 8).



Gambar 8. Hubungan Antara Laju Pertumbuhan Spesifik dan Produktivitas Lipid *Skeletonema* sp.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Skeletonema* sp. dapat tumbuh dengan baik saat dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor. Secara umum *Skeletonema* sp. menunjukkan pertumbuhan yang bagus selama satu bulan periode kultur meskipun kecepatan pertumbuhannya bervariasi, dimana ada saat kepadatan sel dan laju pertumbuhan spesifik sangat tinggi dan ada pula pada saat kepadatan sel dan laju pertumbuhan spesifik menurun. Perbedaan kecepatan pertumbuhan mikroalga ini disebabkan faktor lingkungan seperti perubahan cuaca yang tak menentu yang terjadi selama masa kultur dilakukan. Dimana intensitas cahaya sangat mempengaruhi laju pertumbuhan spesifik *Skeletonema* sp. karena semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin baik juga laju pertumbuhan spesifik *Skeletonema* sp. begitu pun sebaliknya dengan produktivitas biomassanya, apabila intensitas cahaya matahari berkurang maka laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas biomassanya akan semakin rendah dan berkurang akibat dari faktor cuaca yang tidak mendukung karena mendung dan hujan sehingga tidak dapat melakukan proses fotosintesis secara optimal yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia yang disimpan dalam bentuk senyawa organik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Armanda (2013) yang menyatakan bahwa intensitas cahaya

matahari yang berlebihan akan menghambat laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas biomassa begitu juga sebaliknya apabila intensitas cahaya matahari berkurang akibat cuaca hujan deras, dan mendung maka suhu menjadi rendah akibatnya memperlambat pertumbuhan mikroalga yang akan berdampak pada produktivitas biomassanya, dimana intensitas cahaya matahari dan suhu erat kaitannya. Oleh karena itu, pentingnya melakukan peninjauan tempat atau wilayah terlebih dahulu sebelum melakukan pengulturan massal mikroalga agar dapat mengoptimalkan penggunaan intensitas cahaya matahari yang maksimum dengan intensitas curah hujan yang rendah (Indrayani *et al.*, 2020).

Dari hasil kultur massal mikroalga *Skeletonema* sp. diperoleh nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik *Skeletonema* sp. yaitu 0,30/h. Nilai laju pertumbuhan spesifik yang diperoleh pada penelitian ini sebanding dengan hasil yang diperoleh Dewi (2017) dengan jenis mikroalga laut yang diteliti adalah *Thalassiosira* sp. dan mendapatkan laju pertumbuhan spesifik yaitu 0,40/h, penelitian yang dilakukan Indrayani *et al.*, (2020) dengan jenis mikroalga laut yang diteliti adalah *Skeletonema* sp.UHO29 dan mendapatkan laju pertumbuhan spesifik yaitu 0,56/h pada kondisi indoor. Diatom *Amphora* sp. MUR 258 yang dikultur pada kolam raceway di outdoor di Perth Australia memiliki laju pertumbuhan spesifik 0,29/h (Indrayani *et al.* 2019). Sedangkan pada kondisi indoor, *Amphora* sp. MUR 258 memiliki laju pertumbuhan spesifik 0,61/h (Indrayani *et al.*, 2020). Perbedaan nilai yang diperoleh dapat disebabkan oleh perbedaan spesies/strain yang digunakan serta kondisi kultur.

Kondisi lingkungan di outdoor sangat mempengaruhi pertumbuhan *Skeletonema* sp. Faktor faktor lingkungan selain intensitas cahaya yang juga mempengaruhi pertumbuhan kultur *Skeletonema* sp. adalah suhu dan salinitas, dimana suhu dan salinitas merupakan faktor lingkungan yang berhubungan erat dengan intensitas cahaya matahari. Pada saat panas/terik intensitas cahaya matahari tinggi maka suhu media kultur akan lebih tinggi dibandingkan saat cuaca mendung/hujan. Demikian juga dengan salinitas, intensitas matahari yang tinggi selama sehari-hari akan meningkatkan penguapan media kultur sehingga salinitas media kultur akan meningkat secara perlahan-lahan. Sebaliknya curah hujan yang terus-menerus akan menurunkan kadar salinitas media kultur akibat pengenceran oleh hujan. Pada penelitian diperoleh kisaran suhu 25⁰C-31⁰C

kultur dan salinitas berkisar 36-38 ppt. Nilai kisaran suhu dan salinitas yang diperoleh tidak terlalu besar dan masih berada dalam kisaran suhu dan salinitas optimal bagi pertumbuhan mikroalga laut *Skeletonema* sp. dimana suhu dan salinitas optimal pada mikroalga laut *Skeletonema* sp. dapat hidup pada kisaran suhu 25⁰C-30⁰C (Rudiyanti, 2011). Sedangkan (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995) salinitas yang optimal untuk pertumbuhan *Skeletonema* sp. berkisar antara 28-35‰ (Isnansetyo & Kurniastuti, 1995).

Pada pertengahan bulan Agustus dilokasi penelitian cuaca cerah sehingga intensitas cahaya matahari tinggi yang berdampak pada peningkatan laju pertumbuhan *Skeletonema* sp. namun pada akhir bulan Agustus intensitas cahaya berkurang akibat dari perubahan cuaca yang tidak menentu (mendung dan hujan) sehingga mengakibatkan laju pertumbuhan *Skeletonema* sp. menjadi rendah yang berdampak terhadap rendahnya nilai produktivitas biomassa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Moheimani *et al.*, (2013) bahwa jumlah produktivitas biomassa mikroalga erat kaitannya dengan laju pertumbuhan dan yield biomassa, dimana laju pertumbuhan dan yield biomassa memiliki jumlah yang tinggi maka produktivitas biomassanya juga tinggi namun sebaliknya jika salah satunya rendah maka produktivitas biomassanya juga rendah.

Lipid yield yang didapatkan pada mikroalga laut *Skeletonema* sp. tertinggi berkisar (0,36 g/L), dimana nilai yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan penelitian lainnya yang pernah dilakukan oleh Indrayani *et al.*, (2020) dengan mendapatkan lipid yield yaitu (0,175 g/L). Perbedaan nilai lipid yield yang diperoleh dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi kultur. Studi yang dilakukan oleh Indrayani *et al.*, (2020) dilakukan di indoor dengan intensitas cahaya yang lebih rendah sedangkan pada penelitian ini dilakukan pada kolam raceway di outdoor dengan intensitas cahaya yang lebih tinggi sehingga akan berpengaruh terhadap produksi biomassa maupun lipid.

Pada tanggal 10 Agustus 2019 terjadi peningkatan total produksi lipid *Skeletonema* sp. dikarenakan cuaca pada saat itu mendukung, dimana intensitas cahaya matahari yang tinggi dan suhu air laut pada bak kultur menjadi tinggi sehingga produksi lipidnya pada mikroalga *Skeletonema* sp. meningkat. Sedangkan produksi lipid yang terendah terjadi pada tanggal 20 Agustus 2019 dimana kondisi cuaca tidak

mendukung akibat mendung/hujan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Renaud *et al.*, (2002); Chen., (2012); Pasquet *et al.*, (2014); Al-Hasan *et al.*, (1990) yang menyatakan bahwa suhu dan salinitas merupakan faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga, suhu dapat mempengaruhi kualitas lipid dan kandungan lipid meningkat dengan meningkatnya salinitas. Dimana suhu dapat mempengaruhi proses fotosintesis, proses metabolisme dan respirasi serta perubahan suhu juga dapat mempengaruhi kecepatan dekomposisi bahan organik dan kadar salinitas yang berubah ubah dapat menghambat aktivitas sel dari *Skeletonema* sp.

Hasil penelitian kami menunjukkan kandungan lipid *Skeletonema* sp. yang tinggi mencapai 55,17%. Nilai kandungan lipid yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan hasil yang diperoleh oleh peneliti lain. Penelitian lain yang dilakukan oleh Indrayani *et al.*, (2020) dengan jenis mikroalga laut yang diteliti adalah *Skeletonema* sp. UHO29 dan mendapatkan kandungan lipid yaitu 28,78%. Sharmin dkk, (2016) melakukan penelitian tentang *Skeletonema costatum* dipantai Bangladesh dan mendapatkan kandungan lipid yaitu 15,37%. Laurencio dkk, (2002) melakukan penelitian tentang *Skeletonema costatum* mendapatkan kandungan lipid yaitu 13,18% dan Chen, (2012) melakukan penelitian tentang *Skeletonema costatum* dan mendapatkan kandungan lipid 36,90% hingga 41,42%. Perbedaan nilai lipid yang diperoleh dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya perbedaan spesies/strain yang digunakan, kondisi kultur serta lokasi penelitian yang dilakukan oleh masing-masing peneliti (Hernandi dkk, 2019).

Produktivitas lipid pada mikroalga laut *Skeletonema* sp. tergantung pada laju pertumbuhan dan lipid dari mikroalga laut *Skeletonema* sp. Hubungan antara laju pertumbuhan spesifik dan produktivitas lipid mikroalga *Skeletonema* sp. menunjukkan bahwa laju pertumbuhan sangat berpengaruh terhadap produktivitas lipid mikroalga *Skeletonema* sp. Semakin tinggi laju pertumbuhan spesifik mikroalga *Skeletonema* sp. maka semakin tinggi pula produktivitas lipidnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Moheimani *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa total produktivitas lipid mikroalga merupakan hasil dari perkalian dari laju pertumbuhan spesifik dan lipid yield mikroalga, apabila laju pertumbuhan dan lipid yield mikroalga tinggi maka produktivitas mikroalga *Skeletonema* sp. juga akan

tinggi. Namun, apabila laju pertumbuhan atau lipid yield *Skeletonema* sp. rendah maka produktivitas lipid dan *Skeletonema* sp. juga akan rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya sebagai berikut:

1. Mikroalga laut *Skeletonema* sp. dapat tumbuh dengan baik saat dikultur massal pada kolam raceway 1 m² di outdoor dimana laju pertumbuhan spesifik *Skeletonema* sp. selama periode kultur massal di outdoor pada kolam raceway 1 m² berkisar 0,13/hari - 0,55/hari dengan rata-rata 0,30/hari.
2. Biomass yield *Skeletonema* sp. selama periode kultur massal di outdoor pada kolam raceway 1 m² berkisar 0,29 g/L - 0,82 g/L dengan rata-rata 0,62 g/L.
3. Lipid content *Skeletonema* sp. selama periode kultur massal di outdoor pada kolam raceway 1 m² berkisar 34,15% - 55,17% dengan rata-rata 44,81%.
4. Produktivitas lipid *Skeletonema* sp. selama periode kultur massal di outdoor pada kolam raceway 1 m² berkisar 0,025 g/L/h - 0,165 g/L/h dengan rata-rata 0,092 g/L/h.
5. *Skeletonema* sp. potensi untuk digunakan sebagai bahan baku biodiesel karena pertumbuhannya yang cepat, kandungan lipid dan produktivitas lipid yang tinggi saat dikultur massal pada kolam raceway di outdoor.

Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan produktivitas biomassa dan lipid *Skeletonema* sp. dengan memperhatikan beberapa hal pada saat kondisi outdoor diantaranya media kultur, waktu pengenceran (panen), dan kedalaman kultur.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hasan RH, Ali AM, Hana H, Ridwan SS. 1990. Effect of Salinity on the Lipid and Fatty Acid Composition of the Halophyte *Navicula* sp.: Potential in Mariculture. *J Appl Phycol.* 2:215-222.
- Armanda, D. T. 2013. Pertumbuhan Kultur Mikroalga Diatom *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve Isolat Jepara pada Medium F2 dan Medium Conway. *Bioma*. Vol. 2(1). Hal: 49-63.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. Metode Cepat Ekstraksi Lipid Total dan Pemurnian. *Can J Biochem Physiol.* 37: 911-917.
- Chen YC. 2012. Biomassa dan Kandungan Lemak Total dan Komposisi Dua Belas Spesies Diatom Laut Dibudidayakan dengan Berbagai Macam Lingkungan. *Kimia Makanan.* 131: 211-219.
- Hadiyanto & Maulana, A. 2012. Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan. Upt Undip Press Semarang, Semarang.
- Hernandi, R. Abdi, D. & Armaini A. 2019. Penapisan, Isolasi, dan Karakterisasi Mikroalga yang Berpotensi Sebagai Sumber Biodiesel dari Perairan Danau Kerinci, Jambi. *Jurnal Litbang Industri.* Vol. 9(1). Hal: 41-49.
- Indrayani., Haslianti., Asriyana. 2018. Isolation and screening of marine microalgae from Kendari waters, Southeast Sulawesi, Indonesia suitable for outdoor mass cultivation in hypersaline media. *AAFL Bioflux* 11(5), 1445-1455.
- Indrayani, Haslianti, Asmariyani, Wellem H., Muis B. 2020. Growth, Biomass and Lipid Productivity of a Newly Isolated Tropical Marine Diatom, *Skeletonema* sp. UHO29, Under Different Light Intensities. *Biodiversitas* 21(4): 1498-1503.
- Indrayani, I., Moheimani, N.R., Borowitzka, M.A. 2019. Long-term reliable culture of a halophilic diatom, *Amphora* sp. MUR258, in outdoor raceway ponds. *J. Appl. Phycol.* 31:2771-2778. DOI 10.1007/s10811-019-01803-y
- Indrayani, I., Moheimani, N. R., de Boer, K., Bahri, P.A., Borowitzka, M.A. 2020. Temperature and salinity effects on growth and fatty acid composition of a halophilic diatom, *Amphora* sp. MUR258 (Bacillariophyceae). *J. Appl. Phycol.* 32:977-987. Doi 10.1007/s10811-020-02053-z.
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuti. 1995. Teknik Kultur Fitoplankton dan Zooplankton Pakan Alami untuk Organisme Laut. Kanisius. Yogyakarta. Hal 36-52.
- Kates M, Volcani BE. 1966. Komponen Lipid Diatom. *Biochim Biophys Acta.* 116: 264-278.
- Kwangdinata, R., Indah, R., Muhammad, Z. 2013. Produksi Biodiesel dari Lipid Fitoplankton *Nannochloropsis* sp. Melalui Metode Ultrasonik. *Marine Chimica Acta*. Vol. 14(2). Hal: 28-36.

- Laurenco SO, Barbarino E, Manchini-Filho J, Schinke KP, Aidar E. 2002. Effects of different nitrogen sources on the growth and biochemical profile of 10 marine microalgae in batch culture: An evaluation for aquaculture. *Phycologia*; Abingdon 41 (2): 158-168.
- Moheimani N., R., Borowitzka M., A., Isdepsy A., Fon Sing S., 2013 Standard methods for measuring growth of algae and their composition. In: Borowitzka MA, Moheimani NR (eds) *Algae for biofuels and energy*. Springer, Dordrecht, pp 265-284.
- Oktavianus, S. G. 2018. Mikroalga: Sumber Energi Terbarukan Masa Depan. *Jurnal Kelautan*. Vol. 11(1). Hal: 96-103.
- Pasquet V, Ulmann L, Mimouni V, Guiheneuf F, Jacquette B, Moront-Manceau A, Tremblin G. 2014. Fatty Acid Profile and Temperature in the Cultured Marine Diatom *Odontella aurita*. *J Appl Phycol*. 26:2265-2271.
- Renaud SM, Thint L-V, Lambrinidis G, Parry DL. 2002. Effen of Tempereture on Growth, Chemical Composition and fatty Acid Composition of Tropical Australian Microalgae Grown in Batch Cultures. *Aquaculture*. 211:195-214.
- Saadudin. E., Silvy.R.F., Verina, J.W. 2011. Karakteristik Asam Lemak Mikroalga Untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Ketenaga Listrikan dan Energi Terbarukan*. Vol. 10(2). Hal: 131-140.
- Sharmin T, Md Chowdhury, Hasan M, Aftabuddin S, Rahman Md.A, Khan M. 2016. Pertumbuhan, Asam Lemak, dan Komposisi Lipid Ikan Laut Mikroalga *Skeletonema costatum* Tersedia di Pantai Bangladesh: Pertimbangan Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *J Mar Sci*. Doi: 10.1155/2016/6832847.
- Sobari, R., AB Susanto., Dwi. S., Dellcia. Y.R. 2013. Kandungan Lipid Beberapa Jenis Sionobakterial Laut Sebagai Sumber Penghasil Biodiesel. Vol. 2(1). Hal: 112-119.
- Sumatri, I., dan Hardiyanto, S. 2014. Produksi Biomasa Mikroalga dengan Nitrifikasi Limbah Beramoniak Tinggi. Vol. 10(2). Hal: 1-6.