

**KAJIAN PRODUKSI BIOMASSA *Tetraselmis sp.* PADA MEDIA LIMBAH CAIR
INDUSTRI KARET REMAH YANG DIPERKAYA SEBAGAI BAHAN BAKU
POTENSIAL BIODIESEL**

***STUDY OF Tetraselmis sp. BIOMASS PRODUCTION ON ENRICHED CRUMB
RUBBER INDUSTRIAL WASTEWATER MEDIA FOR BIODIESEL POTENTIAL
BIODIESEL***

Otik Nawansih¹⁾, Tanto Pratondo Utomo¹⁾ dan Adriyanus Ivan Pratama²⁾,

¹⁾Alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145

²⁾Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145
e-mail: tanto.utomo@fp.unila.ac.id

Dikirim 22 Januari 2016 Direvisi 24 Februari 2016 Disetujui 18 Maret 2016

ABSTRAK

Tetraselmis sp. Adalah salah satu mikroalga potensial sebagai sumber minyak untuk bahan biodiesel karena itu menghasilkan sejumlah besar biomassa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efektivitas penambahan nitrogen dan pengaturan salinitas terhadap air limbah industri karet yang meningkatkan produksi *Tetraselmis sp.* biomassa. Penelitian ini dilakukan dengan menyiapkan empat jenis *Tetraselmis sp.* media tumbuh yang crumb rubber Media limbah industri outlet kolam fakultatif I, Fakultatif II, Fakultatif II yang diperkaya dengan nitrogenat 1 g NH₄HCO₃ / 5 L dari volumedose dan Fakultatif II yang salinitas ditingkatkan sampai 30 ppt. Benih *Tetraselmis sp.* sebanyak 25% v / v dibudidayakan dengan membuka kolam bioreaktor dengan 5 L volume selama 7 hari. Parameter dalam penelitian ini adalah hari densitas sel, biomassa, N-total, P-PO₄, Larutkan Oxygen (DO), hasil pH dan salinitas. Hasilnya menunjukkan bahwa meningkatkan salinitas media air limbah industri karet dari outlet Fakultatif II pondup 30 ppt adalah yang paling efektif untuk meningkatkan produksi *Tetraselmis sp.* biomassa sebanyak 105% dengan 120 x 10⁴ sel / mL kepadatan sel and 0.6250 g / L dari hasil kering dan juga itu mampu mengurangi 72,2% dari N-total dan 87,6% dari P-PO₄content.

Kata kunci: nitrogen, salinitas, air limbah, *Tetraselmis sp.*

ABSTRACT

Tetraselmis sp. is one of the potential microalgae as a source of oil for biodiesel ingredient due to it produces large amount of biomass. The purpose of this research was to determine the effectiveness of the nitrogen addition and salinity setting towards crumb rubber industrial

wastewater in increasing the production of *Tetraselmis* sp. biomass. This research was conducted by preparing four type of *Tetraselmis* sp. growth media that were crumb rubber industrial wastewater media of pond outlet Facultative I, Facultative II, Facultative II which was enriched by nitrogen at 1 g NH_4HCO_3 /5 L of volume dose, and Facultative II whose salinity was enhanced up to 30 ppt. The seed of *Tetraselmis* sp. as much as 25% v/v was cultivated in open pond bioreactor with 5 L of volume for 7 days. The parameters in this research were daily cell density, biomass, N-total, P- PO_4 , Dissolve Oxygen (DO), pH, and salinity. The results showed that the enhance of salinity in crumb rubber industrial wastewater media from an outlet Facultative II pond up to 30 ppt was the most effective to increase production of *Tetraselmis* sp. biomass as much as 105% with 120×10^4 cell/mL of cell density and 0.6250 g/L of dry yield and also it was able to reduce 72,2% of N-total and 87,6% of P- PO_4 content.

Keywords: nitrogen, salinity, wastewater, *Tetraselmis* sp.

PENDAHULUAN

Tetraselmis sp. merupakan salah satu jenis mikroalga yang berpotensi sebagai alternatif sumber bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki kandungan minyak sekitar 15–23% (Chisti, 2007). Ukuran sel *Tetraselmis* sp. cukup besar yaitu berkisar antara 7-12 mikron sehingga berpotensi menghasilkan biomassa yang besar. Berdasarkan penelitian Wulan (2015), *Tetraselmis* sp. yang dikultivasi pada limbah cair karet remah memiliki puncak kepadatan sel hanya sebesar 538×10^4 sel/mL. Menurut BBPBL (2007), kepadatan sel optimum *Tetraselmis* sp. dapat mencapai 1000×10^4 sel/mL, dengan demikian pertumbuhan *Tetraselmis* sp. masih belum optimal. Hal ini diduga disebabkan oleh kondisi salinitas yang kurang sesuai serta keterbatasan nutrisi pada limbah cair karet remah. Pertumbuhan yang rendah dapat mempengaruhi perolehan biomassa serta rendemen minyak yang dihasilkan.

Nitrogen (N) merupakan unsur nutrisi penting untuk pertumbuhan dan pembentukan biomassa mikroalga karena merupakan bahan penting yang esensial untuk pembelahan sel mikroalga. Pada

penelitian Ernest (2012), pengkondisian ion nitrat sebagai sumber N sebesar 0,1 g/L (100 mg/L) pada medium Walne memiliki laju pertumbuhan tertinggi dan merupakan kondisi yang paling optimal untuk pembentukan biomassa *Nannochloropsis* sp. Kandungan nitrogen pada limbah cair industri karet remah dari outlet kolam Fakultatif I sudah cukup tinggi yaitu 169 mg/L N- NH_3 (Utomo dan Suroso, 2008) sedangkan pada outlet kolam Fakultatif II memiliki kandungan N yang sangat rendah yaitu N-total sebesar 5,078 mg/L (Komalasari, 2015) sehingga diperlukan penambahan N untuk mengoptimalkan pertumbuhan mikroalga. Berdasarkan penelitian Ayustama dan Sari (2010), kultivasi *Chlorophyta* pada media air suling dengan penambahan N berupa NH_4HCO_3 pada dosis 10 g NH_4HCO_3 /50 L volume kerja memiliki nilai OD dan pertumbuhan biomassa tertinggi.

Selain kandungan nitrogen, faktor yang diduga mempengaruhi pertumbuhan *Tetraselmis* sp. adalah salinitas. Salinitas limbah cair industri karet remah dari outlet kolam Fakultatif I dan Fakultatif II sangatlah rendah yaitu 0 ppt sedangkan syarat salinitas untuk *Tetraselmis chuii* agar dapat tumbuh optimal adalah 30 sampai

dengan 32 ppt (Fogg and Thake, 1987). Dengan demikian perlu dilakukan pengaturan salinitas pada limbah cair industri karet remah untuk mengoptimalkan pertumbuhan *Tetraselmis* sp. Pada penelitian Harimurti dkk. (2013), pengkondisian salinitas limbah PT. SIER sebagai media kultivasi *Chlorella vulgaris* dan *Botryococcus braunii* dilakukan dengan penambahan garam NaCl.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektifitas penambahan nitrogen dan pengaturan salinitas pada media limbah cair industri karet remah dalam produksi biomassa *Tetraselmis* sp..

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair karet remah dari *outlet* kolam Fakultatif I dan II yang berasal dari Instalansi Pengolahan Air Limbah PTPN VII Unit Usaha Way Berulu, kultur murni *Tetraselmis* sp. yang diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung, air laut, pupuk Conwy, ammonium bikarbonat (NH_4HCO_3), aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃, natrium klorida (NaCl), serta bahan kimia sebagai penunjang analisis N-total, dan P- PO_4 .

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu reaktor terbuka yang terbuat dari *fiberglass* ukuran (35x14x19) cm dengan volume kerja 5 L yang dilengkapi dengan selang aerasi, haemocytometer, *hand counter*, mikroskop, refraktometer, spektrofotometer Nova 60, DO meter, DRB 200, HACH spektrofotometri DR 4000, pH meter, desikator, cawan porselin,

neraca analitik, oven, kain satin, kertas saring dan alat penunjang lainnya.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan menggunakan 4 (empat) perlakuan media pertumbuhan *Tetraselmis* sp. dengan kondisi nutrisi dan salinitas yang berbeda. Media yang digunakan untuk kultivasi *Tetraselmis* sp. adalah limbah cair industri karet remah *outlet* kolam Fakultatif I, Fakultatif II, Fakultatif II yang ditambahkan NH_4HCO_3 sebanyak 1 gram per volume kerja dan Fakultatif II yang diatur salinitasnya dengan penambahan NaCl sampai 30 ppt dengan volume kerja masing-masing 5L. Tahap kultivasi dilakukan dengan mempersiapkan isolat *Tetraselmis* sp. sebanyak 25% v/v kerja pada masing-masing media yang dibiakkan selama 7 hari (Kawaroe dkk, 2012). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga menghasilkan 4x3=12 satuan percobaan. Pengamatan kepadatan sel dan laju pertumbuhan sel dilakukan setiap hari sedangkan pengamatan DO, pH, salinitas, P- PO_4 , dan N-total dilakukan diawal dan diakhir kultivasi serta pengamatan biomassa kering dilakukan diakhir kultivasi. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan Sel *Tetraselmis* sp.

Bibit *Tetraselmis* sp. yang digunakan pada awal kultur memiliki kepadatan sel sebesar 119×10^4 sel/mL. Setelah dilakukan kultivasi, kepadatan sel awal *Tetraselmis* sp. dalam media limbah cair industri karet remah berkisar $25-31 \times 10^4$ sel/mL.

Perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl sampai salinitas 30 ppt memiliki kepadatan sel tertinggi dibanding perlakuan media lainnya dengan kepadatan optimum mencapai 120×10^4 sel/mL pada hari ke-6 kultivasi. Menurut Fogg and Thake (1987), *Tetraselmis chuii* tumbuh dengan kondisi salinitas optimal antara 30 sampai 32 ppt. Apabila salinitas media sudah sesuai maka akan terjadi keseimbangan tekanan osmosis antara sel *Tetraselmis* sp. dengan media limbah cair industri karet remah sehingga pertumbuhan dan perkembangan *Tetraselmis* sp. dapat optimal.

Pada Gambar 1 terlihat terjadi penurunan kepadatan sel *Tetraselmis* sp. pada perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif I, Fakultatif II, dan Fakultatif II + NH_4HCO_3 pada hari ke-2 sampai ke-3 kultivasi diduga dikarenakan kurangnya intensitas cahaya matahari. *Tetraselmis chuii* merupakan organisme autotrof yang mampu membentuk senyawa organik, oleh karena itu cahaya matahari mutlak dibutuhkan sebagai sumber energi (Balai Budi Daya Laut Lampung, 2002). Bioreaktor *open pond* hanya menggunakan sinar matahari, sebagai sumber cahaya yang digunakan oleh mikroalga untuk fotosintesis (Chisti, 2007). Menurut Cahyaningsih dkk. (2006), untuk kultur semi massal maupun massal dengan ruang terbuka intensitas cahaya lebih baik diberikan dua belas jam dalam keadaan gelap dan dua belas jam dalam keadaan terang. Pada hari ke-2 sampai hari ke-3 kultivasi, kultur *Tetraselmis* sp. mendapatkan cahaya matahari dalam keadaan terang selama kurang dari dua belas jam dikarenakan cuaca yang mendung dan hujan. Hal ini menyebabkan proses fotosintesis menjadi tidak maksimal, akibatnya metabolisme *Tetraselmis* sp.

terganggu dan pertumbuhannya menjadi tidak optimal.

Selain itu, penurunan kepadatan sel diduga disebabkan oleh terjadinya lisis sel akibat perbedaan salinitas media. Pada penelitian ini bibit *Tetraselmis* sp. sebelumnya dibiakkan secara *outdoor* pada media air laut dengan salinitas 30 ppt yang kemudian dikultivasi pada media limbah cair keret dengan salinitas yang sangat rendah yaitu 0 ppt. Menurut Campbell and Reece (2002), salah satu penyebab sel lisis adalah ketidakseimbangan tekanan osmosis antara tekanan lingkungan dan tekanan dalam sel. Hal ini diakibatkan peristiwa osmosis yaitu perpindahan air dari lingkungan hipotonis ke hipertonis, akibatnya sel akan mengembang dan lama kelamaan pecah. Perbedaan konsentrasi garam antara sel *Tetraselmis* sp. dengan media kultivasi menyebabkan ketidakseimbangan tekanan osmotik sehingga sel *Tetraselmis* sp. mengalami lisis yang berakibat pada kematian sel.

Biomassa

Pemanenan biomassa *Tetraselmis* sp. dilakukan dengan proses flokulasi menggunakan aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃ dengan dosis 150 mg (Al_2SO_4)₃/1 L mikroalga pada hari ke-7 kultivasi. Setelah terbentuk flok, biomassa *Tetraselmis* sp. disaring menggunakan dua lapis kain satin dan satu lapis kertas saring. Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl menghasilkan biomassa yang paling besar yaitu 0,6250 g/L dibandingkan perlakuan media yang lainnya (0,2965-0,3383 g/L) walaupun intensitas cahaya yang diterima kurang optimal. Hal ini diduga karena

kondisi salinitas media yang tepat dapat menjaga keseimbangan osmosis antara sel *Tetraselmis* sp. dengan media limbah cair industri karet remah sehingga mencegah terjadinya lisis sel yang dapat menyebabkan penurunan kepadatan sel. Secara keseluruhan, hasil perolehan biomassa kering pada masing-masing perlakuan berbanding lurus dengan jumlah kepadatan sel *Tetraselmis* sp. yang diamati. Semakin banyak jumlah kepadatan sel, maka semakin besar berat biomassa kering yang diperoleh.

Perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. pada perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 lebih besar daripada Fakultatif II hal ini diduga dikarenakan penambahan NH_4HCO_3 sebagai sumber nitrogen. Semakin besar jumlah nitrogen yang diserap *Tetraselmis* sp. maka semakin besar perolehan biomasanya. Hal ini dibuktikan pada penurunan N-total setelah kultivasi *Tetraselmis* sp. pada media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 sebesar 83,1% sedangkan Fakultatif II hanya sebesar 67,2%. Perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 mampu meningkatkan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. sebesar 10% sedangkan Fakultatif II + NaCl sebesar 105% dibandingkan perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II tanpa pengkayaan nutrien dan salinitas. Hal ini menunjukkan pengkondisian salinitas dengan NaCl lebih efektif meningkatkan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. daripada penambahan nitrogen dengan NH_4HCO_3 .

Pada penelitian ini perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. pada media limbah cair industri karet remah *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl (0,6250 g/L) lebih besar daripada

perolehan biomassa mikroalga dengan flokulasi yaitu 0,3-0,5 g biomassa kering/L (Amini dan Susilowati, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa *Tetraselmis* sp dapat tumbuh baik pada media limbah cair industri karet remah dengan kondisi salinitas yang sesuai sehingga dapat mengoptimalkan perolehan biomassa. Perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. pada media limbah cair industri karet remah dari *outlet* kolam Fakultatif II (0.3048 g/L) lebih rendah daripada perolehan biomassa pada penelitian Wulan (2015), yaitu sebesar 0,5274 g/L. Hal ini diduga kurangnya intensitas cahaya yang diperlukan oleh *Tetraselmis* sp. sehingga laju fotosintesis rendah akibatnya konversi karbondioksida menjadi biomassa tidak optimal.

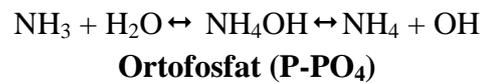
Nitrogen Total

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 setelah dilakukan kultivasi *Tetraselmis* sp. menunjukkan penurunan kandungan N-total paling besar yaitu 83,1% sedangkan perlakuan media lainnya hanya berkisar 58,7-72,2%. Hal ini dikarenakan amonium bikarbonat (NH_4HCO_3) yang ditambahkan sebagai sumber nitrogen merupakan garam asam yang terdiri dari kation amonium (NH_4^+) yang terkait dengan satu anion hidrogenkarbonat (HCO_3^-). Menurut Ernest (2012), sumber N yang biasanya paling mudah diserap dan dapat langsung dimanfaatkan mikroalga ialah yang berbentuk ion amonium (NH_4^+). Dengan demikian sumber nitrogen pada perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 dapat langsung diserap oleh *Tetraselmis* sp. sehingga penurunan kandungan N-totalnya besar.

Apabila dikaitkan dengan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 menunjukkan perolehan biomassa yang sedikit lebih besar daripada *outlet* kolam Fakultatif I dan Fakultatif II tanpa penambahan nitrogen. Namun peningkatan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. pada media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 yang sangat sedikit, kurang selaras dengan penurunan N-total yang cukup besar yaitu 27,583 mg/L. Hal ini diduga disebabkan sebagian ammonium (NH_4^+) yang belum dimanfaatkan oleh *Tetraselmis* sp. pada media *outlet* kolam Fakultatif II + NH_4HCO_3 terkonversi menjadi ammonia dan menguap saat kultivasi berlangsung. Nitrogen dalam bentuk ammonia (NH_3) sangat mudah teroksidasi dan menguap menjadi gas nitrogen (N_2) sehingga menyebabkan sebagian nitrogen terbuang dan tidak dapat diserap oleh mikroalga.

Penurunan kandungan N-total pada semua perlakuan media kultivasi menunjukkan bahwa *Tetraselmis* sp. menggunakan nitrogen sebagai nutrisi pertumbuhannya yaitu untuk proses sintesis protein dan pembentukan biomassa. Namun, kandungan N-total setelah kultivasi masih cukup besar yaitu berkisar 1,798-5,598 mg/L, hal ini diduga disebabkan oleh sumber nitrogen pada media belum bisa dimanfaatkan secara langsung oleh *Tetraselmis* sp. Berdasarkan penelitian Komalasari (2015), ammonia (NH_3) merupakan bentuk nitrogen utama yang terdapat pada limbah cair industri karet remah. Ammonia bersifat toksik dan tidak dimanfaatkan oleh alga tetapi ammonia dapat dimanfaatkan oleh alga apabila mengalami perubahan bentuk transisi dari ammonia menjadi ion amonium. Menurut

Goldman and Horne (1983), reaksi pembentukan amonium terjadi sebagai berikut:



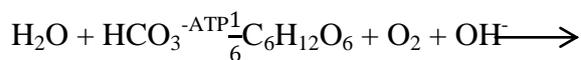
Berdasarkan hasil pengukuran P-PO₄ pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah sebelum kultivasi berkisar 2,940-3,330 mg/L. Menurut Wardhana (1994), kadar fosfor optimal untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0,27-5,51 mg/L. Dengan demikian kandungan P-PO₄ dalam media limbah cair karet sudah dapat memenuhi kebutuhan *Tetraselmis* sp. untuk tumbuh optimal. Setelah dilakukan kultivasi *Tetraselmis* sp. terjadi penurunan kandungan P-PO₄ pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah. Menurut Efendi (2003), ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh mikroalga. Pada sistem instalasi pengolahan air limbah, senyawa ortofosfat dalam limbah cair karet sudah terbentuk pada tahap anaerobik (Utomo dkk., 2012). Dengan demikian senyawa ortofosfat sudah tersedia pada semua perlakuan media kultivasi sehingga dapat langsung diserap oleh *Tetraselmis* sp. untuk nutrisi pertumbuhan selnya. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kandungan P-PO₄ pada media limbah cair industri karet remah.

Penurunan P-PO₄ secara umum hampir sama pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah yaitu sebesar 84,7-85,4%. Apabila dikaitkan dengan kepadatan sel dan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp. yang cukup berbeda pada setiap perlakuan media limbah cair industri karet remah, penurunan kandungan P-PO₄, tidak begitu

berpengaruh terhadap jumlah kepadatan sel dan perolehan biomassa *Tetraselmis* sp.

Derajat Keasaman (pH)

Kisaran pH yang optimum bagi pertumbuhan *Tetraselmis chuii* adalah 8-9,5 (Fogg and Thake, 1987). Hasil pengukuran pH awal pada masing-masing media limbah cair industri karet remah memiliki kisaran pH 8,22–8,53 sehingga dapat mendukung kehidupan *Tetraselmis* sp. Pengukuran pH pada penelitian ini juga dilakukan setelah pemanenan menggunakan flokulan aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃. Gambar 5 menunjukkan setelah pemanenan, terjadi peningkatan pH pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah menjadi 8,54-9,17. Menurut Goldman and Horne (1983), peningkatan pH terjadi karena adanya aktivitas fotosintesis dari mikroalga yang menggunakan CO_2 , karbonat (CO_3^{2-}), dan bikarbonat (HCO_3^-). Menurut Wijanarko *et al.* (2004), reaksi antara bikarbonat tersebut dengan air yang terdapat dalam sel (siklus Calvin) membentuk senyawa organik seperti glukosa dan ion OH^- sebagaimana tergambar pada persamaan reaksi berikut:



Pada reaksi tersebut diketahui bahwa hasil fotosintesis *Tetraselmis* sp. adalah ion OH^- yang bersifat basa sehingga menyebabkan peningkatan pH media limbah cair industri karet remah. Hal ini sejalan dengan penelitian Komalasari (2015), pH limbah cair industri karet remah sebelum dilakukan kultivasi *Nannochloropsis* sp. sebesar 8,29-8,43 dan meningkat menjadi 9,02 setelah 8 hari kultivasi.

Pada penelitian Ferriols and Aguilar (2012), terjadi penurunan pH setelah dilakukan pemanenan *Tetraselmis tetrahele* yang dikultivasi pada media TMRL dengan flokulan (Al_2SO_4)₃ pada dosis 150 mg/L dari 7,79 menjadi 7,30. Sedangkan pada penelitian ini pH limbah cair karet masih cenderung bersifat basa setelah pemanenan dengan flokulan (Al_2SO_4)₃, yaitu berkisar 8,54-9,17. Menurut Pulungan (2012), pH akan semakin turun dengan semakin banyak ditambahkan (Al_2SO_4) karena dihasilkan asam sulfat dengan reaksi sebagai berikut:

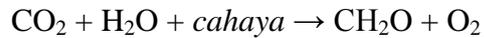


Reaksi tersebut menunjukkan bahwa untuk membentuk 3 asam sulfat dibutuhkan 6 ion H^+ . Pada dasarnya pembawa sifat asam adalah H^+ , oleh karena itu tingkat keasaman larutan tergantung pada konsentrasi ion H^+ . Pada penelitian ini media limbah cair cenderung bersifat basa artinya pada limbah cair industri karet remah jumlah ion OH^- lebih banyak dibandingkan ion H^+ . Hal inilah yang menyebabkan pH media limbah cair karet masih cenderung basa walau ditambahkan flokulan aluminium sulfat.

Dissolved Oxygen (DO)

Nilai DO pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah setelah dilakukan kultivasi *Tetraselmis* sp. mengalami kenaikan. Menurut Mara *et al.* (1992), selain oksigen yang masuk dari udara, suplai oksigen terbesar didapat dari hasil fotosintesa oleh mikroalga. Alga mampu menggunakan karbondioksida sebagai sumber karbon utama untuk sintesa sel baru dan melepaskan oksigen melalui mekanisme fotosintesis. Menurut Hadiyanto dkk. (2010), mikroalga

menggunakan cahaya untuk memetabolisme CO₂ menjadi biomassa CH₂O dengan bantuan sinar dan air sesuai dengan reaksi berikut:



Reaksi tersebut disebut proses fotosintetik dimana oksigen juga di hasilkan sebagai hasil samping. Hal inilah yang menyebabkan nilai DO pada semua perlakuan media limbah cair industri karet remah meningkat. Namun kenaikan DO akibat hasil fotosintesis mikroalga dikurangi oleh konsumsi oksigen terlarut bakteri aerobik pendegradasi bahan organik yang terdapat pada limbah cair karet. Alga mendapatkan karbondioksida dan senyawa organik sederhana dari proses penguraian secara aerob oleh bakteri aerob. Karbondioksida dan senyawa organik sederhana ini di butuhkan alga untuk pertumbuhan dan pembentukan biomassa melalui proses fotosintesis. Hal ini dibuktikan dengan penurunan N-total (Gambar 3) dan P-PO₄ (Gambar 4) setelah 7 hari kultivasi. Menurut Wulan (2015), oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis mikroalga dimanfaatkan oleh bakteri aerob untuk mengoksidasi senyawa organik pada limbah cair karet. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh bakteri aerob untuk proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Dengan demikian hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) setelah 7 hari kultivasi merupakan jumlah oksigen terlarut yang dihasilkan dari proses fotosintesis alga yang sebagian sudah digunakan oleh bakteri aerob.

Salinitas

Menurut Fogg (1987), *Tetraselmis chuii* tumbuh optimal pada kondisi salinitas antara 30 sampai dengan 32 ppt. Limbah cair industri karet remah *outlet* kolam Fakultatif I dan II memiliki salinitas 0 ppt, pada penelitian ini dilakukan pengkondisian salinitas pada perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl sampai kondisi salinitas optimal untuk *Tetraselmis* sp. yaitu 30 ppt. Pada Gambar 7 terlihat terjadi peningkatan salinitas pada semua perlakuan media limbah cair karet diduga dikarenakan evaporasi yang terjadi selama 7 hari kultivasi. Bioreaktor sistem terbuka (*open pond*) memiliki kelemahan yaitu terjadinya evaporasi akut pada air dalam media kultur yang disebabkan oleh fluktuasi penyinaran matahari serta dipercepat oleh gerakan gelombang aerasi di dalam bioreaktor. Pada penelitian Prabowo (2009), kultivasi *Chlorella* sp. pada medium air laut di ruangan semi terbuka selama 10 hari kultur mengalami peningkatan salinitas dengan salinitas awal 32 ppt naik menjadi 36,1 ppt. Selain itu, peningkatan salinitas juga diduga disebabkan penambahan 25% kultur awal *Tetraselmis* sp. dari volume kerja yang sebelumnya dibiakkan pada media air laut steril dengan salinitas 30 ppt selama 7 hari.

Peningkatan salinitas pada semua perlakuan media limbah cair karet masih memenuhi persyaratan tumbuh *Tetraselmis* sp. yaitu 0-35 ppt sebesar 13 ppt kecuali pada perlakuan media *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl mengalami kenaikan sampai 37,7 ppt. Peningkatan salinitas pada media *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl yang melebihi syarat tumbuh *Tetraselmis* sp. diduga menyebabkan pertumbuhan *Tetraselmis* sp. tidak mengalami kenaikan

bahkan cenderung menurun pada hari ke-7 kultivasi. Menurut Prabowo (2009), kenaikan salinitas pada kisaran yang tinggi ini dapat menyebabkan kerusakan sel seperti mengkerutnya membrane sel, terganggunya aktivitas metabolisme sel, dan terganggunya proses-proses kimia lain yang berperan penting dalam pertumbuhan

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan media limbah cair industri karet remah dari *outlet* kolam Fakultatif II + NaCl sampai salinitasnya mencapai 30 ppt paling efektif dalam meningkatkan produksi biomassa *Tetraselmis* sp. yaitu sebesar 105% dengan perolehan biomassa kering *Tetraselmis* sp. sebesar 0.6250 g/L dan tingkat kepadatan sel *Tetraselmis* sp. paling tinggi yaitu mencapai 120×10^4 sel/mL serta mampu menurunkan kandungan N-total sebesar 72,2% dan P-PO₄ sebesar 87,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, S. dan R. Susilowati. 2010. Produksi biodiesel dari mikroalga *Batryococcus braunii*. *Squalen*. 5 (1): 23-30.
- Ayustama, A.L.S. dan E.A.W. Sari. 2010. Proses produksi mikroalga dalam photobioreaktor mini pond secara batch untuk bahan bakar biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia*. 1: 1-6.
- Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL). 2007. *Budidaya Fitoplankton & Zooplankton*. Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut. Lampung. 42 hlm.
- Balai Budidaya Laut Lampung. 2002. *Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton*. Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut. Lampung.
- Cahyaningsih, S dan A.N. Mei. 2006. *Petunjuk Teknis Produksi Pakan Alami*. Balai Benih Air Payau (BBAP).Situbondo.
- Campbell, N.A. and J.B. Reece. 2002. *Biologi Jilid 1 Edisi ke-5*. Erlangga. Jakarta. 292 hlm.
- Chisti, J. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*. 25 (3): 294-306.
- Efendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*.Kaniarius.Yogyakarta.258 hlm.
- Ernest, P. 2012. Pengaruh kandungan ion nitrat terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. (Skripsi).Universitas Indonesia.Depok.83 hlm.
- Febiana, V. 2015. Penggunaan aluminium sulfat sebagai flokulan pada pemanenan mikroalga *Nannochloropsis* sp. yang dikultivasi pada media limbah cair karet remah. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 65 hlm.
- Ferriols, V.M.E.N. and R.O. Aguilar. 2012. Efficiency of various flocculants in harvesting the green microalgae *Tetraselmis tetrahele* (*Clorodendrophyceae: Chlorodendraceae*). *International Journal of the Bioflux Society*. 5 (4): 265-273.

- Fogg, G.E. and B. Thake. 1987. *Alga Cultures and Phytoplankton Ecology*. The University of Wisconsin Press. London. 20 pp.
- Goldman, C.R and A.J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company. Singapore. 464 pp.
- Hadiyanto, I. Samidjan, A. C. Kumoro, dan Silviana. 2010. Produksi mikroalga berbiomasa tinggi dalam bioreaktor open pond. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Universitas Diponegoro. Semarang. ISSN 1693-4393.
- Harimurti, I.P., D.D. Novrian, S.R. Juliastuti, dan N. Hendriane. 2013. Pengaruh kadar nitrogen, CO₂, dan salinitas terhadap peningkatan lipid pada *Chlorella vulgaris* dan *Botryococcus braunii* serta peran *Chlorella vulgaris* dan *Botryococcus braunii* dalam penurunan kadar COD pada limbah PT. SIER. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (1): 2337-3520.
- Kawaroe, M., A. Rachmat, dan A. Haris. 2012. Optimalisasi seleksi spesies mikroalga potensial penghasil minyak mikroalga untuk menunjang kelayakan ekonomi produksi biodiesel. *Prosiding InSINas*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 7-11.
- Komalasari, A. 2015. Studi penentuan jenis outlet limbah cair karet remah untuk pertumbuhan mikroalga dengan sistem open ponds. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 62 hlm.
- Mara D.D., S.W. Mills, H.W. Pearson, and G.P. Alabaster. 1992. Waste stabilization ponds: a viable alternative for small community treatment systems. *J. Inst. Wat. Environ. Manag.* 6 (1): 72-78.
- Prabowo, D.A. 2009. Optimasi pengembangan media untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. pada skala laboratorium. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 95 hlm.
- Pulungan, A.D. 2012. Evaluasi pemberian dosis koagulan aluminium sulfat cair dan bubuk pada sistem dosis koagulan di instalasi pengolahan air minum PT. Krakatau Tirta Industri. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 76 hlm.
- Utomo, T.P. dan E. Suroso. 2008. Optimasi produksi gas metana dari limbah cair industri karet alam menggunakan reaktor anaerobik dua tahap dalam upaya penyediaan energi alternatif. (Laporan Penelitian). Universitas Lampung. Lampung. 29 hlm.
- Utomo, T.P., U. Hasanudin, dan E. Suroso. 2012. *Agroindustri Karet Indonesia*. PT Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung. 92 hlm
- Wardhana, W.A. 1994. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta. 459 hlm.
- Wijanarko, A., K. Asami, and K. Ohtaguchi. The Kinetics of growth and the CO₂ concentrating mechanism of the filamentous cyanobacterium *Anabaena cylindrical* in a bubble column. *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 37: 1019-1025.
- Wulan, R.R. 2015. Kemampuan mikroalga yang dikultivasi pada limbah cair industry karet remah dalam menghasilkan biomassa dan menurunkan cemaran. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung. 60 hlm.