

**TEKNIK PEMANENAN MIKROALGA *NANNOCHLOROPSIS sp.* YANG
DIKULTIVASI DALAM MEDIA LIMBAH CAIR KARET REMAH DENGAN
FLOKULAN ALUMINIUM SULFAT**
[Harvesting Techniques Microalgae *Nannochloropsis sp.* Cultivated in Liquid Waste
Rubber Crumb Media by Aluminium Sulphate Flocculant]

Sri Hidayati*, Otik Nawansih dan Via Febiana

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

*Email Korespondensi : sri.hidayati@fp.unila.ac.id

Diterima : 15-04-2015

Disetujui : 18-08-2015

ABSTRACT

This study was aimed to determine the best dosage for harvesting algae using Aluminium Sulfat. This research done by harvesting microalgae *Nannochloropsis sp.* which cultivated in the medium crumb rubber industrial wastewater (75% v/v) in an open reactor with a working volume of 5L for 8 days with flocculation method using aluminium sulphate $Al_2(SO_4)_3$ in dose of 50, 100, 150, 200, 250, 300 mg/L, and 200 mg/L NaOH as a comparison (control). The results showed that microalgae *Nannochloropsis sp.* in the cultivated medium crumb rubber industrial wastewater which was harvested using dose 150 mg/L of the flocculant agent aluminium sulphate $Al_2(SO_4)_3$ by cell density 4055×10^4 sel/mL has the highest flocculation efficiency totalling 94,55%, dry biomass 0,7060 g/L, and oil content 23,24%.

Keywords : Aluminium sulphate, *Nannochloropsis sp.*, waste water

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menentukan dosis penambahan aluminium sulfat yang tepat dalam pemanenan. Penelitian ini dilakukan dengan pemanenan mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang ditumbuhkan dalam medium limbah cair karet remah (75% v/v) dalam reaktor terbuka dengan volume 5L selama 8 hari. Metode flokulasi yang dilakukan menggunakan aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dengan dosis 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 mg/L serta 200 mg/L NaOH sebagai pembanding (kontrol). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang ditumbuhkan dalam limbah cair karet remah dan dipanen menggunakan flokulan aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dosis 150 mg/L dengan kepadatan sel 4055×10^4 sel/mL memiliki efisiensi flokulasi tertinggi yaitu sebesar 94,55%, biomassa kering 0,7060 g/L, dan kandungan minyak 23,24%.

Kata kunci ; Aluminium sulfat, limbah cair, *Nannochloropsis sp.*

PENDAHULUAN

Ada beberapa jenis mikroalga yang dapat menghasilkan minyak untuk bahan baku biodiesel, salah satunya adalah *Nannochloropsis sp.* Beberapa spesies mikroalga dapat diinduksi untuk menghasilkan minyak yang tinggi (Sheehan *et al.*, 1998; Cheirsilp dan Torpee, 2012). Kadar minyak yang

dihasilkan bisa bervariasi antara 20 dan 50% (Demirbas, 2009; Kanda *et al.*, 2012; Liam dan Philip, 2012), bahkan dalam kondisi tertentu bisa mencapai 90% dari berat kering (Illman *et al.*, 2000; Chiu *et al.* 2009). Kelebihan mikroalga yaitu pada beberapa spesies memenuhi kebutuhan nutrisinya dari nitrogen dan fosfor dari limbah (Chisti, 2007; Pérez-

Martínez *et al.*, 2010; Pittman *et al.*, 2011), juga mampu mengkonversi nutrisi untuk biomassa pada tingkat yang jauh lebih tinggi daripada budaya konvensional dan tidak perlu menempati lahan pertanian untuk budidaya, hanya membutuhkan air dan CO₂ untuk pertumbuhan (Mata *et al.*, 2010; Huan *et al.*, 2010). Hal ini menyebabkan mikroalga menjadi salah satu alternatif untuk digunakan sebagai bahan baku pada industri biodiesel. Limbah cair karet mengandung N dan P yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga jenis *Nannochloropsis sp.* (Hadiyanto *et al.*, 2012). Beberapa spesies mikroalga bahkan dapat tumbuh pada kondisi lingkungan dengan kualitas air yang rendah (Pérez-Martínez *et al.* 2010; Pittman *et al.* 2011). Komalasari (2015) menyatakan bahwa limbah cair karet remah dari *outlet* kolam fakultatif II mengandung N-NH₃, P-PO₄, dan N-total berturut-turut sebesar 3,896, 1,497, dan 5,078 mg/L, ini merupakan media pertumbuhan yang paling baik untuk kultivasi mikroalga *Nannochloropsis sp.*

Hal yang menjadi permasalahan dalam kultivasi alga yaitu pemanenan (*harvesting*) untuk memisahkan mikroalga dengan mediumnya dengan cara separasi padat-cair (Danquah, 2009). Proses ini berfungsi untuk memperoleh biomassa yang akan diproses lebih lanjut untuk menghasilkan produk-produk yang berguna. Proses pemanenan ini merupakan tahapan penting untuk dilakukan. Beberapa kendala yang sering dijumpai dalam proses pemanenan mikroalga adalah ukuran alga yang kecil (3-30µm) serta konsentrasi mikroalga yang rendah di dalam mediumnya (0,5-5 g/L) dan hal inilah yang menjadi hambatan pemanfaatan mikroalga sejak dulu (Pratama, 2011).

Beberapa metode pemanenan mikroalga diantaranya adalah sentrifugasi, filtrasi, sedimentasi dan flokulasi (Brennan, 2009). Teknik yang saat ini banyak dipilih dalam pemanenan adalah flokulasi. Flokulasi merupakan kumpulan mikroalga yang membentuk massa akibat penambahan bahan kimia atau zat organik (Thompson *et al.*, 2010). Sel mikroalga umumnya berukuran 5-50µm dan dapat membentuk suspensi cukup stabil dengan bahan kimia yang memiliki muatan negatif pada permukaannya (Shelef *et al.*, 1984). Pemanenan sel mikroalga dengan flokulasi dianggap lebih baik daripada metode konvensional seperti sentrifugasi atau filtrasi karena dapat menghasilkan biomassa yang lebih baik secara kuantitas (Qasim *et al.*, 2000).

Ada beberapa flokulan dapat digunakan dalam proses pemanenan dan salah satunya yaitu aluminium sulfat Al₂(SO₄)₃. Penggunaan dosis Al₂(SO₄)₃ dalam pemanenan mikroalga harus tepat agar proses flokulasi berjalan optimal dan menghasilkan biomassa yang tinggi. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menemukan dosis penambahan aluminium sulfat yang tepat dalam pemanenan mikroalga agar diperoleh biomassa yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair karet remah PTPN VII Way Berulu yang berasal dari *outlet* Fakultatif II IPAL pengolahan air limbah, mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung (BBPBL), air laut steril, pupuk *conwy*, Al₂(SO₄)₃ teknis atau tawas (kadar Al₂O₃ 17%), NaOH p.a (BDH/

Merck 6498), dan kloroform yang diperoleh dari Bratachem.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah reaktor terbuka yang terbuat dari kaca berukuran (35x14x19) cm dengan volume kerja 5 L, yang dilengkapi dengan aerator. Alat yang digunakan untuk analisis sampel adalah mikroskop, *haemocytometer*, *handcounter*, aluminium foil, oven, neraca analitik, pH meter, kain satin, seperangkat alat sokhlet, dan peralatan penunjang lainnya.

Metode Penelitian

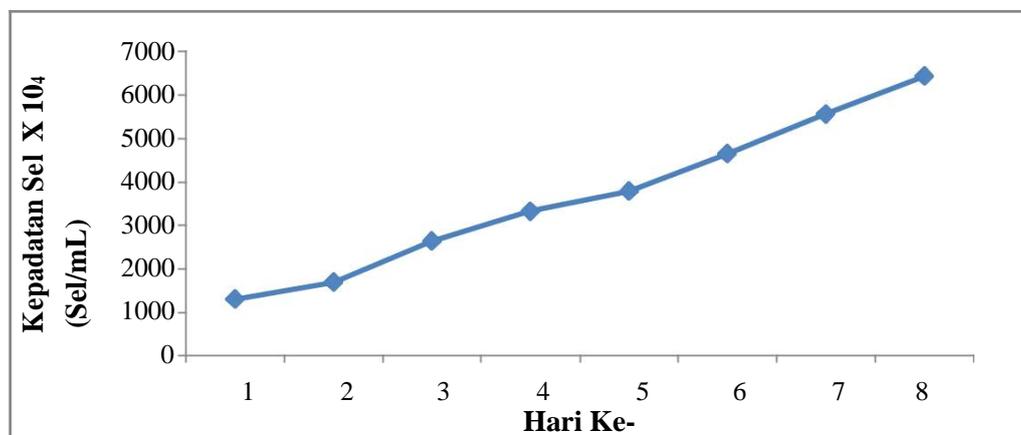
Penelitian ini dimulai dengan melakukan kultivasi Mikroalga *Nannochloropsis sp.* selama 8 hari dalam media limbah cair karet remah yang berasal dari Kolam Fakultatif II IPAL PTPN VII Way Berulu dan dilakukan pemanenan mikroalga dengan metode flokulasi menggunakan aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ dengan dosis 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 mg/L serta 200 mg/L NaOH sebagai pembanding (kontrol). Setelah penambahan flokulan dilakukan pengadukan cepat selama 1 menit dilanjutkan pengadukan lambat selama 15 menit secara manual menggunakan

pengaduk kayu. Lalu didiamkan selama 1 jam untuk memisahkan antara mikroalga dengan medianya. Setelah 1 jam, dilakukan pemisahan antara mikroalga dengan medianya dengan penyaringan menggunakan kain satin. Penelitian dilakukan dalam 3 kali ulangan.

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengukuran kepadatan sel harian menggunakan mikroskop dan *haemocytometer* dan alat bantu *handcounter* (Sari, 2012), Pengukuran pH menggunakan pH meter (AOAC, 1990), persentase efisiensi flokulasi (Harith *et al.*, 2009). Biomassa hasil panen dengan metode gravimetri (AOAC, 1990), dan Ekstraksi minyak mikroalga pada perolehan biomassa tertinggi menggunakan alat sokletasi (AOAC, 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan sel mikroalga *Nannochloropsis sp.* cenderung mengalami peningkatan hingga hari ke- 8 (Gambar 1).



Gambar 1. Kepadatan sel mikroalga *Nannochloropsis sp.* selama 8 hari kultivasi

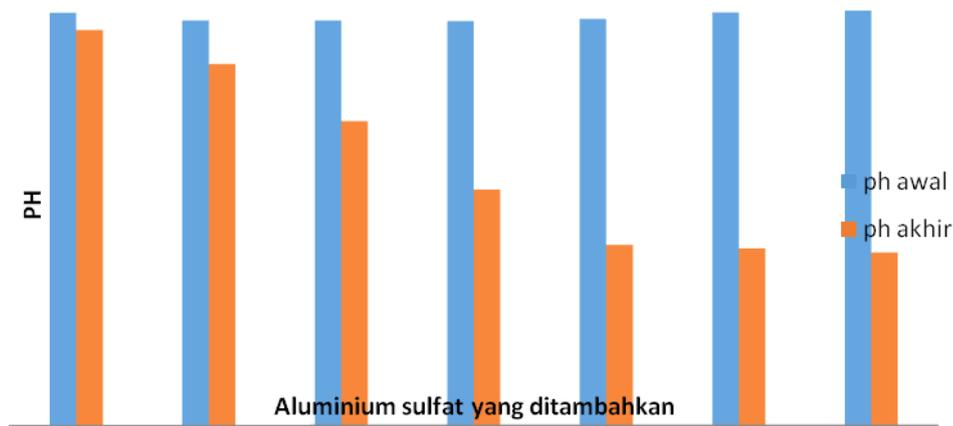
Kepadatan sel mikroalga *Nannochloropsis sp.* Meningkat setiap harinya hingga hari ke-8. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga *Nannochloropsis sp.* dapat tumbuh dengan baik di media limbah cair karet remah. Kepadatan sel *Nannochloropsis sp.* terus meningkat hingga hari ke-8 mencapai $6,434 \times 10^7$ sel/mL. Kepadatan mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang terus meningkat setiap harinya diduga karena limbah cair karet remah yang berasal dari kolam fakultatif II mampu memenuhi kebutuhan nutrisi N dan P mikroalga untuk tumbuh. Pada penelitian ini kadar N total dalam media (limbah kolam fakultatif II) yang digunakan yaitu 5,078 mg/L. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Komalasari (2015) yang melakukan kultivasi mikroalga *Nannochloropsis sp.* pada berbagai jenis *outlet* limbah cair karet remah menunjukkan bahwa media yang berasal dari kolam Fakultatif II mengalami peningkatan yang paling cepat dibandingkan dengan kolam Aerobik I dan Aerobik II yaitu $3,3 \times 10^7$ sel/mL pada hari ke-8 karena pemenuhan sumber nutrisi (N dan P) dari kolam Fakultatif II lebih banyak dibandingkan dengan sumber nutrisi yang tersedia. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Purba dan Siburian (2012) yang menyatakan bahwa kepadatan sel optimum *Nannochloropsis oculata* diperoleh pada penambahan nutrisi NaH_2PO_4 sebanyak 5 ppm (5 mg/L).

Nannochloropsis sp. mampu beradaptasi dengan baik dalam limbah cair karet remah ini dibuktikan dengan laju pertumbuhan spesifik rata-rata pada hari

ke-2 yaitu sebesar 0,258. Hal ini menunjukkan bahwa dalam waktu kurang dari 24 jam, sel *Nannochloropsis sp.* mampu menambah jumlah kepadatan selnya sebanyak 384×10^4 sel/mL. Dengan demikian, proses ini membuktikan bahwa fase lag berlangsung cepat (kurang dari 24 jam). Pada hari ke-3 laju pertumbuhan sel meningkat menjadi 0,444 dengan peningkatan kepadatan sel sebesar 946×10^4 sel/mL. Pada hari ketiga ini terjadi fase eksponensial yang ditandai dengan penambahan jumlah sel yang tinggi dan laju pertumbuhan yang tinggi. Menurut Wirosaputro (2002) pada fase ini tetap terjadi penambahan sel namun laju pertumbuhannya menurun akibat adanya kompetisi karena zat makanan yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah populasi sehingga hanya sebagian populasi yang mendapatkan makanan yang cukup dan dapat tumbuh serta membelah. Pada penelitian ini belum terjadi fase stasioner dan fase kematian karena pada penelitian ini mikroalga dipanen pada hari ke-8 yang masih merupakan fase penurunan laju pertumbuhan.

Pengukuran pH

Pengukuran pH pada penelitian ini dilakukan pada saat akhir kultivasi (sebelum panen) dan setelah penambahan flokulan aluminium sulfat atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ serta perlakuan kontrol (NaOH). Hasil pengukuran derajat keasaman (pH) dapat dilihat pada grafik pengukuran pH (Gambar 2).



Gambar 2. pH awal dan akhir setelah penambahan flokulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

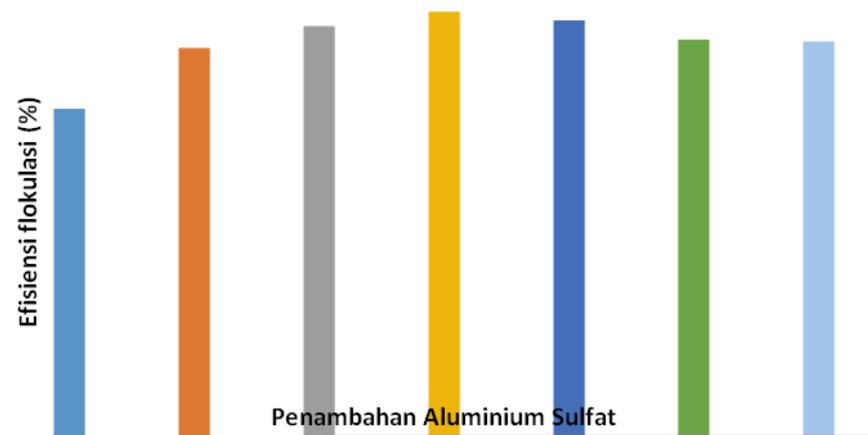
pH awal yaitu pH sebelum dilakukan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ nilai pH setiap hasil kultivasi hampir sama yaitu berkisar antara 9,18-9,42. Tingginya nilai pH disebabkan adanya aktivitas fotosintesis mikroalga serta terjadinya penguraian protein dan persenyawaan nitrogen lain (Prihantini, 2005). Penambahan flokulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dapat menurunkan pH pada masing-masing perlakuan sedangkan pada kontrol nilai pH relatif tetap. Semakin tinggi dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang ditambahkan menyebabkan pH menjadi semakin menurun. Hal ini karena $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ akan menghasilkan asam sulfat apabila bereaksi dengan cairan yang bersifat alkali. Dalam hal ini media kultivasi dianggap sebagai cairan yang bersifat alkali karena mempunyai pH 9,18-9,42. Dengan demikian makin banyak dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang ditambahkan maka pH akan semakin turun, karena dihasilkan asam sulfat (Pulungan, 2012). Menurut Moraine *et al* (1980) dan Friedman *et al* (1977) dalam Shelef *et al*. (1984) fungsi alum sebagai flokulan akan

bekerja optimum pada pH 5,3-5,6. Bila dikaitkan dengan efisiensi flokulasi (Gambar 3) penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sebanyak 150 mg dengan pH $\pm 5,36$ paling efisien untuk pemanenan mikroalga *Nannochloropsis sp.*

Perlakuan kontrol (K) dengan penambahan NaOH 200mg/L tidak terlalu memberikan pengaruh pada perubahan pH pada saat pemanenan yaitu dari pH 9,37 menjadi 8,98. Hal ini dikarenakan NaOH sendiri juga bersifat basa sehingga tidak mengubah pH kultivasi yang akan dipanen. Penelitian Ferriols (2012) yang melakukan pemanenan mikroalga *Tetraselmis tetrahele* menggunakan NaOH menunjukkan bahwa pada dosis 200 mg/L pH supernatan cenderung basa dengan nilai pH 8,42.

Perhitungan Efisiensi Flokulasi

Efisiensi flokulasi dapat dihitung dengan mengetahui kepadatan sel akhir *Nannochloropsis sp.* dan kepadatan sel filtratnya (Gambar 3).



Gambar 3. Persentase efisiensi flokulasi

Pemanenan mikroalga *Nannochloropsis sp.* menggunakan flokulan dengan dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 150 mg/L menghasilkan persentase efisiensi flokulasi terbaik yaitu 94,55%. Hal ini diduga terjadi karena pada dosis tersebut terjadi pembentukan presipitat $\text{Al}(\text{OH})_3$ secara sempurna sehingga proses flokulasi maksimal. Dosis aluminium sulfat 150 mg/L menghasilkan pH 5,36 yang merupakan pH optimum untuk proses pemanenan mikroalga sehingga dihasilkan efisiensi flokulasi yang tinggi. Menurut Moraine *et al.* (1980), pH optimum untuk pemanenan mikroalga menggunakan alum adalah 5,3-5,6. Menurut Rachmawati *et al.* (2009) efisiensi flokulasi mencapai maksimum ketika muatan permukaan benar-benar netral yaitu pada pH sekitar 6. Netralisasi muatan ini terjadi karena ion karboksilat yang bermuatan negatif pada hasil kultivasi mendapat proton akibat penambahan flokulan (Liu *et al.*, 2013), dan ini menghasilkan Akibatnya muatan permukaan sel berkurang dan sel menjadi stabil dalam medium pertumbuhan serta akan terbentuk flok yang lebih besar. Efisiensi flokulasi tertinggi diperoleh pada rentang pH optimum terutama disebabkan oleh kehadiran presipitat dominan, yaitu $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang mendorong bekerjanya

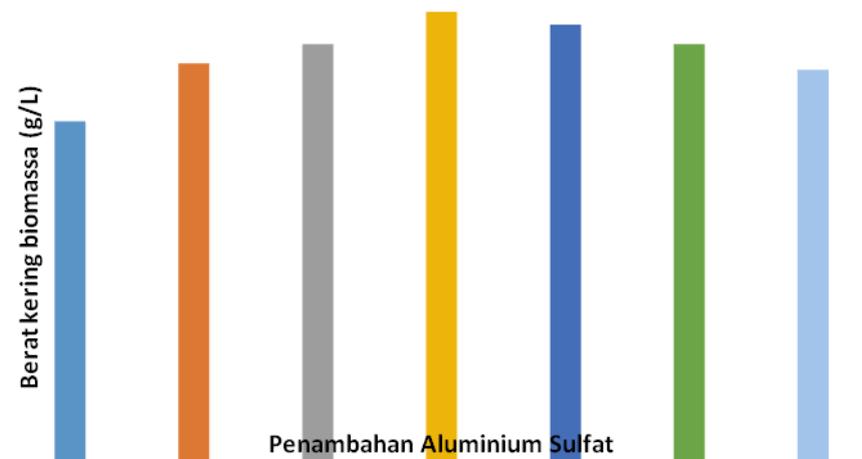
mekanisme *sweep coagulation* atau penjebaran dalam presipitat. Mekanisme ini menghasilkan flok berukuran besar, mudah mengendap, sehingga memberikan penurunan kekeruhan dengan efisiensi yang lebih tinggi (Rachmawati *et al.*, 2009).

Efisiensi flokulasi terendah pada penelitian ini terjadi pada perlakuan kontrol dengan pemanenan *Nannochloropsis sp.* menggunakan NaOH pada dosis 200 mg/L dengan persentase 72,91%. Hal ini diduga berkaitan dengan pH setelah penambahan NaOH. pH setelah penambahan NaOH pada penelitian ini yaitu 8,98. pH tersebut belum masuk pada rentang pH yang menghasilkan flokulasi optimum, padahal McClausand (1990) McClausand (1999) melaporkan bahwa flokulasi optimal terjadi pada rentang pH 11,8-12. Pada pH kurang dari 11 seperti yang terjadi pada penelitian ini, muatan negatif pada permukaan sel tidak ternetralisir semua, sehingga flok yang dihasilkan lebih sedikit dan berpengaruh pada persentase efisiensi flokulasinya (Pratama, 2012).

Pengukuran Biomassa Mikroalga *Nannochloropsis sp.*

Perolehan biomassa kering pada masing-masing perlakuan berkisar antara

0,5368-0,7060 g/L (Gambar 4).



Gambar 4. Perolehan biomassa kering dengan pemanenan menggunakan konsentrasi flokulan (Al₂SO₄)₃ yang berbeda

Banyaknya biomassa yang diperoleh pada proses pemanenan mikroalga berbanding lurus dengan efisiensi flokulasi flokulan yang ditambahkan pada masing-masing perlakuan saat pemanenan. Biomassa yang dihasilkan dari proses pemanenan mikroalga menggunakan Al₂(SO₄)₃ yang memiliki efisiensi flokulasi 86,46- 94,55% lebih besar dibandingkan dengan kontrol yaitu antara 0,6097-0,7060 g/L. Pada perlakuan kontrol, biomassa mikroalga yang dihasilkan adalah sebesar 0,537 g/L dengan efisiensi flokulasi sebesar 72,91%. Dari penelitian ini terlihat bahwa pada dosis penambahan Al₂(SO₄)₃ sebanyak 150 mg/L menghasilkan efisiensi flokulasi tertinggi yaitu 94,55% dan perolehan biomassa tertinggi dengan berat kering 0,7060 g/L. Hal ini dikarenakan pada dosis tersebut sel mikroalga di dalam media kultivasi terecovery secara optimum sehingga biomassa yang diperoleh juga tinggi. Selain itu proses pemanenan mikroalga harus dilakukan saat mencapai puncak pertumbuhan berdasarkan pola pertumbuhannya (Sari, 2012). Pemanenan *Nannochloropsis* sp.

dilakukan pada hari ke-8, diasumsikan fase puncak pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. sehingga perolehan biomassa akan tinggi. Perolehan biomassa terendah diperoleh pada perlakuan kontrol dengan penambahan flokulan NaOH sebanyak 200 mg /L hasil panen mikroalga dengan berat biomassa kering 0,5368 g/L. Hal ini dapat terlihat dari efisiensi flokulasi yang rendah pada penambahan flokulan tersebut yaitu sebesar 72,91%. Pada penambahan flokulan NaOH sebesar 200 mg/L hasil panen menghasilkan pH 8,98. Pada pH tersebut proses flokulasi belum terjadi secara maksimum sehingga diperoleh efisiensi flokulasi yang rendah dan akan mempengaruhi perolehan biomasanya. Dari hasil penelitian ini, biomassa tertinggi diperoleh dari proses pemanenan mikroalga *Nannochloropsis* sp. dengan berat kering sebesar 0,7060 g/L. Perolehan biomassa kering tersebut, kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui kandungan minyaknya.

Pengukuran Kandungan Minyak Pada Perolehan Biomassa Tertinggi

Analisis kandungan minyak dilakukan pada perolehan biomassa tertinggi mikroalga *Nannochloropsis sp.* untuk mengetahui potensi mikroalga *Nannochloropsis sp.* sebagai bahan baku

biodisel. Perolehan biomassa tertinggi yaitu pada perlakuan pemanenan menggunakan $Al_2(SO_4)_3$ 150 mg dengan perolehan biomassa kering rata-rata 0,7060 g/L (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan Minyak Mikroalga *Nannochloropsis sp.*

Perlakuan	Kandungan Minyak (%)*
N3 (Ulangan 1)	27,51
N3 (Ulangan 2)	20,19
N3 (Ulangan 3)	22,02
Rata-Rata	23,24

Ket : * Dry Matter (Bahan Kering)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan minyak pada mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang dipanen menggunakan $Al_2(SO_4)_3$ 150 mg dengan perolehan biomassa kering rata-rata 0,7060 g/L adalah 23,24%. Persentase kandungan minyak ini berbeda dengan beberapa literatur. Menurut John *et al* (2011) dan Mata *et al.* (2010) serta Chisti (2007) umumnya kandungan minyak mikroalga *Nannochloropsis sp.* berkisar antara 31- 68 % per berat kering. Menurut Inthe (2012) kandungan lipid *Nannochloropsis sp.* sebesar 39,6% sedangkan menurut Ernest (2012) kandungan lipid *Nannochloropsis sp.* yaitu sebesar 10. Perbedaan kandungan minyak ini diduga karena perbedaan media yang digunakan untuk pertumbuhan terutama kadar nitrogen dalam medianya.

Menurut Kawaroe *et al.* (2010), kadar N yang tinggi pada media kultivasi merupakan faktor yang mempengaruhi rendahnya total lemak yang dihasilkan. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Borowitzka dan Borowitzka (1988) bahwa faktor nutrisi nitrogen dalam medium akan berpengaruh terhadap lipid intrasel dalam mikroalga. Pada kondisi stress lingkungan yaitu konsentrasi nitrogen rendah, mikroalga akan cenderung membentuk

lipid sebagai cadangan makanan daripada membentuk karbohidrat dan senyawa lainnya. Hal ini disebabkan karena mikroalga lebih banyak menggunakan atom karbon untuk membentuk lipid daripada karbohidrat sebagai akibat meningkatnya aktivitas enzim asetil ko-A karboksilase. Kandungan nitrat-nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga berkisar antara 0,2 mg/L- 0,9 mg/L karena dapat menstimulir pertumbuhan alga dan tumbuhan air di perairan tersebut secara cepat (Darley, 1982; Metcalf dan Eddy, 1991). Pada penelitian ini kadar N total dalam media (limbah kolam fakultatif II) yang digunakan lebih tinggi dari kisaran tersebut yaitu 5,078 mg/L (Komalasari, 2015) sehingga kandungan minyak hasil penelitian ini masih berada dibawah kisaran kandungan minyak *Nannochloropsis sp.* pada umumnya. Selain faktor media, faktor yang mempengaruhi rendahnya kandungan lipid yang diperoleh pada penelitian ini bila dibandingkan dengan literatur adalah kandungan bahan lain selain mikroalga yang terikut dalam biomassa kering mikroalga seperti yang berasal dari $Al_2(SO_4)_3$ sebagai flokulan. Hal ini terlihat dari kadar abu yang terdapat pada

biomassa kering mikroalga pada penelitian ini yaitu sebesar 35,89%. Penelitian yang dilakukan oleh Purba dan Siburian (2012) yang dilakukan dengan memanen mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang dikultivasi pada penambahan nutrisi NaH_2PO_4 sebanyak 5 ppm (5mg/L) dengan metode sentrifugasi menghasilkan kandungan lipid yang lebih tinggi dari penelitian ini yaitu sebesar 37,68%. Selain itu, rendahnya kandungan lipid juga disebabkan karena tingginya temperatur pengeringan yang diterapkan yaitu 105°C . Penelitian yang dilakukan oleh Widjaja (2009) yang melakukan pengeringan *Chlorellavulgaris* pada temperatur 0°C , 60°C , 80°C , dan 100°C menunjukkan bahwa lipid maksimum diperoleh pada temperatur pengeringan 0°C yaitu dengan kandungan lipid sebesar 52,5%. Namun, kandungan minyak mikroalga *Nannochloropsis sp.* yang dikultivasi dalam media limbah cair karet remah dan dipanen menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dosis 150 mg/ L pada penelitian ini masih berada dalam rentang kandungan minyak mikroalga yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biodiesel yaitu berkisar antara 8-50% (Milledge, 2011) sehingga mikroalga *nannochloropsis sp.* yang di kultivasi dalam outlet fakultatif II media limbah cair karet remah memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel.

KESIMPULAN

Mikroalga *Nannochloropsis sp.* dalam media kultivasi limbah cair karet remah yang dipanen pada hari ke 8 menggunakan flokulan aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan dosis 150 mg/L dengan kepadatan sel 4055×10^4 sel/mL memiliki efisiensi flokulasi tertinggi yaitu sebesar 94,55%, biomassa kering 0,7060 g/L, dan kandungan minyak 23,24%.

DAFTAR PUSTAKA

- Borowitzka, M.A. and L.J. Borowitzka. 1988. *Microalgal Biotechnology*. Cambridge University Press. Cambridge. 488 hlm.
- Brennan, L. and P. Owende. 2009. *Biofuels from microalgae- a review of technologies for production, processing and extractions of biofuels and co-products*. *Renewable Sustain Energy Reviews*. RSE-805: 21.
- Cheirsilp, Band S. Torpee. 2012. *Enhanced growth and lipid production of microalgae under mixotrophic culture condition: effect of light intensity, glucose concentration and fed-batch cultivation*. *Bioresource Technology*. 110: 510-516.
- Chisti, J. 2007. *Biodiesel from microalgae*. *Biotechnology Advances*. 25: 294-306.
- Chiu S.Y, C.Y Kao, M.T Tsai, S.C Ong, C.H Chen dan C.S Lin. 2009. *Lipid accumulation and CO_2 utilization of *nannochloropsis*. *Oculata* in response to CO_2 aeration*. *Bioresource Technology*. 100 (2):833-838.
- Danquah, M., L. Ang, N. Uduman, N. Moheimani, and G. Fordel. 2009. *Dewatering of microalgal culture for biodiesel production: exploring polymer flocculation and tangential flow filtration*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 84 (7): 1078–1083.
- Darley, W.M. 1982. *Algal Biology: A Physiological Approach*. Department of Botany. The University of Georgia. Georgia. 176 hlm.
- Demirbas, A. 2009. *Production of biodiesel from algae oils*. *Energy Source*. 31:163-168.

- Ernest, P. 2012. Pengaruh Kandungan Ion Nitrat Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis sp.* (Skripsi). Fakultas Teknik, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia. Depok.
- Ferriols, V.M.E.N. and R.O. Aguilar. 2012. Efficiency of various flocculants in harvesting the green microalgae *Tetraselmis tetrahele* (*Chlorodendrophyceae: Chlorodendraceae*). *AAAC Bioflux*. 5 (4): 265-273.
- Friedman, A.A., D.A. Peaks, and R. L. Nichols. 1977. Algae separation from oxidation pond effluents. *Journal of the Water Pollution Control Federation*. 49: 111-119.
- Harith, T., F.M. Yusoff, M.S. Mohamed, M.Shariff, M. Din, and A.B. Ariff. 2009. Effect of different flocculants on the flocculation performance of microalgae, *Chaetoceros calcitrans*, cells. *African Journal of Biotechnology*. 8 (21): 5971-5978
- Hadiyanto H, S. Elmore, T. V. Gerven, A. Stankiewicz. 2013. Hydrodynamic evaluations in high rate algae pond (HRAP) design. *Chemical Engineering Journal*. 217(1): 231–239.
- Huan G, F. Chen, D. Wei, X. Zhang and G. Chen. 2010. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*. 87: 38-46.
- Illman, A.M, A.H Scragg and S.W Shales. 2000. Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium. *Enzyme and Microbial Technology*. 27(8): 631-635.
- Inthe, I.C.E. 2012. Efek Pencahayaan Terhadap Produksi Biomassa *Nannochloropsis Sp.* Pada Reaktor Pelat Datar. (Skripsi). Program Studi Teknologi Bioproses, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.
- John, R.P., G.S. Anishab, K.M. Namboothiri and A. Pandemic. 2011. Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol. *Bioresource Technology*. 102 (1): 186–193.
- Kanda H, P. Li, T. Ikehara and M. Yasumoto-Hirose. 2012. Lipids extracted from several species of natural blue-green microalgae by dimethyl ether; extraction yield and properties. *Fuel*. 95: 88-92.
- Kawaroe, M., T. Prartono, A. Sunuddin, D.W. Sari, dan D. Augustine. 2010. Mikroalga : Potensi Dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 150 hlm.
- Komalasari, A. 2015. Studi Kemampuan Pertumbuhan Mikroalga Pada Media Limbah Cair Karet Remah dengan *Open Ponds System*. (Skripsi). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Lampung.
- Liam, B and O. Philip. 2010. Biofuels from microalgae - a review of technologies for production processing, and extraction of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14:557-77.
- Liu, J., Zhu, Y. Tao, Y. Zhang, A. Li, T. Li, M. Sang, and C. Zhang. 2013. Freshwater microalgae harvested via flocculation induced by pH decrease. *Biotechnology for Biofuels*. 6:98.
- Mata, T.M., A.A. Martins, and N.S. Caetano. 2010. Microalgae For Biodiesel Production And Other Applications: A Review. *Renewable*

- and Sustainable Energy Reviews. 14: 217–232.
- McCausland, M.A., M.R. Brown, S.M. Barrett, J.A. Diemar, and M.P. Heasman. 1999. Evaluation of live microalgae and microbial pastes as supplementary food for juvenile Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal Aquaculture*. 174:323–42.
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse*. McGraw-Hill Book Co. Singapore. 1334 hlm.
- Milledge, J.J. 2011. Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Review in Environmental Science and Biotechnology*. 10: 31-41.
- Moraine, R., G. Shelef, F. Sandbank, Z. Bar-Moshe, and I. Shvartzbard. 1980. Recovery Of Sewage Borne Algae: Flocculation And Centrifugation Technique. In: Shelef G, Soeder CJ, editors. *Algae biomass*. Amsterdam: Elsevier. 46-531.
- Pérez-Martínez, C, P. Sánchez-Castillo and M.V Jiménez-Pérez. 2010. Utilization of immobilized benthic algal species for N and P removal. *Journal of Applied Phycology*. 22: 277-282.
- Pittman, J.K, A.P Dean and O. Osundeko. 2011. The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. *Bioresource Technology*. 102:17-25.
- Pratama, I. 2011. Pengaruh Metode Pemanenan Mikroalga Terhadap Biomassa Dan Kandungan Esensial *Chlorella vulgaris*. (Skripsi). Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta..
- Prihantini, N.B., B. Putri, dan R. Yuniati. 2005. Pertumbuhan *Chlorella Spp.* dalam medium ekstrak taug (met) dengan variasi ph awal. *Makara sains*. Vol. 9 (1): 1-6.
- Pulungan, A.D. 2012. *Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair Dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan Di Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Krakatau Tirta Industri*. (Skripsi). Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purba, E. and K. Siburian. 2012. The determination of salinity and nutrition (NaH_2PO_4) profile in *Nannochloropsis oculata* cultivation to gain maximum lipid. *Jurnal Reaktor*. 14 (2): 135-142.
- Qasim, S.R., E.M. Motley, G. Zhu. 2000. *Water works engineering: planing design and operation*. 1st edition. 844 hlm.
- Rachmawati, S.W., B. Iswanto, dan Winarni. 2009. Pengaruh pH pada proses koagulasi dengan koagulan aluminum sulfat dan ferri klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5 (2): 1829-6572.
- Sari, I.P. dan A. Manan. 2012. Pola pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* pada skala laboratorium, intermediet dan masal. *Media Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4 (2): 123-127.
- Shelef, G., A. Sukenik, and M.Green. 1984. *Microalgae harvesting and processing: a literature review*. Technion Research and Development Foundation ltd. pp 71.

- Sheehan J, T. Dunahay , J. Benemann and P. Roessler. 1998. A Look Back At The U.S. Department Of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel From Algae. National Renewable Energy Laboratory. USA, 1998.
- Thompson, R.W., L. D'Elia, A. Keyser, and C. Young. 2010. Algae Biodiesel. Faculty Worcester Polytechnic Institute. An Interactive Qualifying Project Report. pp47.
- Wirosaputro, S. 2002. Chlorella Untuk Kesehatan Global, Teknik Budidaya Dan Pengolahan. Gajahmada University Press. Yogyakarta. 118 hlm.