

Peningkatan *Phycocyanin* pada *Spirulina Platensis* dengan Media Limbah Virgin Coconut Oil pada *Photobioreactor* Tertutup

Sri Sukadarti*, Sri Wahyu Murni dan M. Maulana Azimatun Nur

Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta,
Jl SWK 104 Condongcatur, Yogyakarta, 55283Indonesia

Artikel histori :

Diterima September 2016
Diterima dalam revisi Oktober 2016
Diterima November 2016
Online Juni 2017

ABSTRAK: Limbah industri Virgin Coconut Oil mempunyai nilai *Chemical Oxygen Demand (COD)* yang cukup tinggi sehingga menimbulkan masalah bagi lingkungan. Limbah ini memiliki kandungan bahan organik seperti minyak, protei, karbohidrat dan beberapa mineral, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai media tumbuh alga hijau biru *Spirulina plantensis*. *Spirulina plantensis* mengandung *phycocyanin* yang bersifat anti penuaan, anti oksidan dan anti inflammatory, oleh karenanya *Spirulina plantensis* berharga tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan urea dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan spirulina, kadar *phycocyanin* dan penurunan COD limbah. *Spirulina plantensis* dikultivasi pada *photobioreactor* tertutup dengan pengaliran udara selama 7 hari. Intensitas cahaya divariasikan 5000 lux, 6000 lux, 7000 lux dan 8000 lux, sedangkan penambahan urea sebagai nutrisi divariasikan 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm dan 70 ppm. Pada penelitian ini didapat kondisi terbaik pada penambahan urea 70 ppm dan intensitas cahaya 6000 lux dengan hasil μ_{\max} 1,1375 hari⁻¹, produktivitas 0,0423 g/l/hari, konsentrasi biomassa 0,1734 g/l dan kadar *phycocyanin* 5,047%. Penurunan kadar COD limbah VCO terbesar 98,06% dan didapat nilai COD 280 mg/l.

Kata Kunci: *phycocyanin*; *Spirulina plantensis*; VCO; *photobioreactor*

ABSTRACT: Waste of Virgin Coconut Oil (VCO) industries has a high value of Chemical Oxygen Demand (COD), it is therefore a problem for the environment. This waste contains organic materials such as oil, proteins, carbohydrates and some minerals, that potentially to be used for the cultivation of blue-green algae *Spirulina plantensis*. *Spirulina plantensis* is an excellent source of phycocyanin. The Phycocyanin has anti-aging, anti-oxidant and anti-inflammatory properties, so high value. This research is aimed to study the effects of the addition of urea and light intensity on the growth of *Spirulina*, the concentration of phycocyanin and decreasing of COD value. *Spirulina plantensis* was cultivated in a closed photobioreactor with an air flow for 7 days continuously. The light intensity was varied as follows 5000 lux, 6000 lux, 7000 lux and 8000 lux, and the addition of urea as nutrients was also varied as follows 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm and 70 ppm. This research indicated that the optimum condition was obtained at the addition of urea of 70 ppm, light intensity of 6000 lux. This research resulted μ_{\max} of 1,1375 day⁻¹, the biomass productivity of 0,0423 g/l/day, biomass concentration of 0,1734 g/l and phycocyanin concentration of 5,047%. The largest of COD removal was 98,06% and the COD value of 280 mg/l was finally achieved.

Keywords: *phycocyanin*; *Spirulina plantensis*; VCO; *photobioreactor*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa yang cukup besar, dari Renstra Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2015-2019 estimasi produksi kelapa tahun 2014 mencapai 3.262.721 ton. Salah satu produk olahan kelapa yang cukup berkembang adalah *Virgin Coconut Oil (VCO)*. VCO adalah hasil olahan santan yang bermanfaat

untuk kesehatan dan kosmetik. Hampir di semua daerah penghasil kelapa, ada banyak usaha kecil dan menengah yang memproduksi VCO. Santan yang digunakan untuk pembuatan VCO adalah bagian krim santan (bagian yang kaya minyak) sedang skim santan/ santan encer umumnya tidak dimanfaatkan dan dibuang ke lingkungan. Skim santan masih mengandung sedikit minyak, protein, karbohidrat dan beberapa mineral sehingga kalau dibuang ke lingkungan akan mencemari lingkungan.

*Corresponding Author:
Email: sukadartisri@yahoo.com

Menurut penelitian Azimatun Nur dkk (2015) skim santan limbah produksi VCO mengandung COD 4916,67 ppm, BOD5 983,33 ppm, fosfat 0,70 ppm, N total 104,16 ppm dan minyak 0,5 ppm dapat dimanfaatkan untuk membudidayakan *Spirulina platensis* sehingga dapat menurunkan kadar pencemar sekaligus dapat menaikkan nilai tambah pengolahan kelapa karena harga *Spirulina platensis* yang tinggi.

Spirulina platensis adalah alga hijau biru yang mengandung sedikit asam nukleat, protein 55%-70%, lemak 6%-9%, karbohidrat 15%-20% dan diperkaya mineral, vitamin, serat dan pigmen (Yong Chang Seo et.al, 2013). Protein dalam *Spirulina platensis* adalah protein yang unik dikenal sebagai *chromoprotein/ phycobiliprotein*. Berdasarkan strukturnya *phycobiliprotein* diklasifikasikan menjadi tiga golongan yaitu : *phycoerythrins*, *phycocyanin* (pigmen biru) dan *allophycocyanin*. *Phycocyanin* adalah pigmen biru yang berfungsi sebagai penyimpan cadangan nitrogen pada *Cyanobacteria*. *Phycobiliprotein* merupakan tetrapyrrol yang berikatan kovalen dalam berbagai kombinasi dengan kompleks protein. Biliprotein terbentuk dari protoporphyrin yang pada tahap akhir mekanisme reaksinya adalah terbukanya cincin porphyrin secara oksidasi sehingga dihasilkan biliprotein dan gas karbon monoksida (Cheung,S.2000). *Phycocyanin* inilah zat aktif yang membuat *Spirulina platensis* berharga tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *phycocyanin* bersifat anti penuaan, anti oksidan dan *anti inflammatory* sehingga dapat menekan pertumbuhan sel kanker (Yong Chang Seo et.al, 2013). Selama ini *phycocyanin* digunakan sebagai pewarna dalam makanan, kosmetik dan produk farmasi. Untuk meningkatkan kadar *phycocyanin* perlu dipelajari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan *Spirulina platensis*.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pertumbuhan *Spirulina platensis* adalah :

1. Intensitas cahaya.
Intensitas cahaya sangat diperlukan dalam proses fotosintesis sebagai sumber energi. Kekurangan intensitas cahaya akan berakibat lambatnya laju fotosintesis sehingga pertumbuhan sel akan lambat. Tetapi jika intensitas cahaya berlebihan, dapat terjadi dua hal yaitu photoinhibisi yang berakibat melambatnya laju pertumbuhan sel karena jenuh dan photooksidasi yang menyebabkan kerusakan sel (Rangel-Yagui.et.al, 2004)
2. Temperatur.
Spirulina platensis mempunyai temperatur pertumbuhan optimum 35°C dan diatas 38°C *S. platensis* akan mati (Jourdan, 2001)
3. Nutrien.
Spirulina plantesis membutuhkan nutrisi makro adalah karbon, nitrogen, pospor, garam klorida, kalium serta nutrisi mikro berupa ion besi dan vitamin. Penambahan sodium bikarbonat dapat sebagai sumber karbon dan jika *Spirulina platensis* ditumbuhkan dalam air tawar perlu ditambah NaCl untuk salinitas.

Nitrogen berpengaruh terhadap pembentukan khlorofil, urea merupakan sumber nitrogen yang lebih baik di banding senyawa nitrat karena urea lebih mudah terhidrolisis menjadi ammonia pada suasana alkali dan ammonia lebih mudah diasimilasi oleh *S. platensis*, tetapi jika konsentrasinya tinggi ammonia bisa menjadi racun (Rangel-Yagui,et.al, 2004)

4. Oksigen .
Oksigen menjadi faktor pengganggu dalam pertumbuhan alga, sehingga pengaliran udara sebagai sumber CO₂ yang berlebihan tidak menguntungkan (Hadiyanto dan Maulana Azim, 2012).
5. pH
Spirulina platensis tumbuh baik pada suasana basa, pH optimum pada kisaran pH 9-10 .
6. Karbon Dioksida
Karbon dioksida digunakan mikroalga untuk proses fotosintesis layaknya tumbuhan berkhlorofil lainnya, tetapi penambahan CO₂ yang berlebihan menyebabkan penurunan pH larutan karena terbentuknya asam karbonat .

Pertumbuhan *Spirulina.platensis* juga dipengaruhi oleh jenis reaktor, reaktor sistem tertutup lebih menguntungkan dibanding reaktor sstem terbuka. Keuntungannya adalah tidak mudah terkontaminasi, efisien dan efektif dalam pencahayaan, tidak banyak CO₂ yang hilang , tidak membutuhkan area yang luas. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan urea dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan spirulina , kadar *phycocyanin* dan penurunan COD limbah VCO.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair produksi VCO diperoleh dari CV Masyana Barokah Mulya, Bambanglipuro, Bantul, Yogyakarta. Limbah disaring kemudian dipanaskan pada 70°C selama 30 menit untuk mencegah kontaminasi dan kemudian didinginkan sampai suhu kamar dan dilakukan analisis COD. Kultur *Spirulina platensis* didapat dari CV Neoalga Rejosari, Tawangsari, Sukoharjo, Jawa Tengah. Bahan untuk nutrisi : NaHCO₃, Urea,TSP, NaCl , Vitamin B12 serta bahan untuk analisis COD dan *Phycocyanin*. Rangkaian alat kultivasi *Spirulina platensis* disajikan pada Gambar 1.

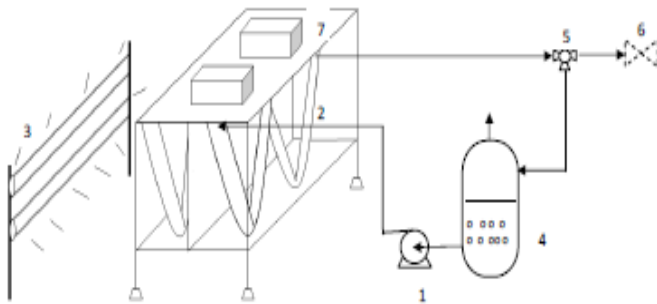
2.2 Cara kerja

Aklimatisasi *Spirulina platensis*

Spirulina platensis sebanyak 2000 ml ditambah 12 gram/liter natrium bikarbonat (NaHCO₃), 240 ppm pupuk urea, 120 ppm pupuk TSP, 12000 ppm NaCl, 1200 ml vitamin B12, 1200 ml skim VCO dan air 6000 ml dengan pH 9,5 dan dialiri udara .

Pembuatan Kurva standar konsentrasi biomassa.

Kurva standar dibuat dengan cara mencampur biomassa *Spirulina platensis* kering berat tertentu dengan media tumbuh yang sudah ditambah nutrisi dengan volume tertentu sehingga didapat konsentrasi biomassa (g/l) tertentu. *Optical density* (OD) larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 680 nm (Borowitzka dan Lesley, 1988), sehingga dapat dibuat kurva hubungan *optical density* dengan konsentrasi biomassa.



Keterangan:

1. pompa
2. tabung kultivasi
3. lampu neon
4. tanki induk
5. valve
6. kran panen
7. aerator

Gambar 1. Rangkaian alat penelitian

Pertumbuhan *Spirulina platensis*

Kultur *Spirulina platensis* yang telah di aklimatisasi ditambah limbah cair VCO steril dengan nutrisi NaHCO₃, TSP, vitamin B12 dan Urea yang di variasi 40, 50 ,60 dan 70 (ppm), diatur pH nya ± 9,5 kemudian ditumbuhkan pada *photobioreactor* tertutup dengan mengalirkan udara melalui aerator. Cahaya diperoleh dari lampu neon 25 watt dengan intensitas cahaya divariasi 5000, 6000, 7000 dan 8000 (lux). Pertumbuhan dilakukan selama 7 hari dan pada akhir pertumbuhan dilakukan analisa *phycocyanin* menggunakan metode Boussiba S. and A. Richmond.(1979), dan analisa kadar COD mengikuti Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WCF, 1992)

Pengukuran Hasil Percobaan

Pengukuran pertumbuhan biomassa dilakukan dengan mengukur *optical density* larutan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 680 nm. Pengukuran dilakukan setiap hari dari awal inokulasi sampai hari ke 7. Dengan bantuan kurva standar maka konsentrasi biomassa dapat diketahui. Laju pertumbuhan

spesifik maksimum (μ_{max}) diukur pada phase pertumbuhan eksponensial dengan persamaan 1.

$$\mu_m = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \text{ hari}^{-1} \tag{1}$$

dengan

X₁ = konsentrasi biomassa pada awal fase eksponensial (t₁)

X₂ = konsentrasi biomassa pada akhir fase eksponensial

(t₂)

Sedang produktivitas rata-rata dihitung dengan persamaan 2.

$$P = \frac{X_t - X_0}{t_t} , \text{ mg/l/hari} \tag{2}$$

dengan

X_t = konsentrasi biomassa maksimum

X₀ = Konsentrasi biomassa pada awal kultivasi

t_t = waktu kultivasi untuk mencapai konsentrasi maksimum

Perhitungan Kandungan *Phycosianin* dan % Penurunan COD

Kadar *phycocyanin* dihitung dengan persamaan 3.

$$\% \text{ pure CPC} = \frac{A_{620} \times (10) \times 100}{7,3 \times (\text{mg sampel})} \tag{3}$$

dengan: A₆₂₀ : Optical density pada 620 nm

7,3 : koefisien CPC pada 620 nm

10 : volume total

Penurunan kadar COD pada limbah dihitung dengan persamaan 4.

$$\frac{COD_0 - COD_t}{COD_0} \times 100 \% \tag{4}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran COD limbah VCO

Hasil analisis kadar COD dalam limbah VCO sebelum digunakan sebagai media pertumbuhan spirulina adalah 15.022 ppm, sedangkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI no 5 tahun 2014 kadar COD dalam limbah pengolahan kelapa yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan adalah 150 ppm.

Pengaruh penambahan Urea dan Intensitas cahaya terhadap laju pertumbuhan *Spirulina platensis*, kadar *phycocyanin* dan penurunan COD limbah VCO.

Urea merupakan sumber Nitrogen yang merupakan salah satu nutrisi penting yang berpengaruh terhadap metabolisme dan pertumbuhan mikroalga pada umumnya, sedangkan intensitas cahaya yang diadsorpsi oleh sel mikroalga dipengaruhi oleh kandungan pigmen dalam mikroalga dan akan berpengaruh terhadap densitas sel. Hasil percobaan untuk mempelajari pengaruh penambahan urea dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan spirulina platensis dapat dilihat pada Tabel 1.

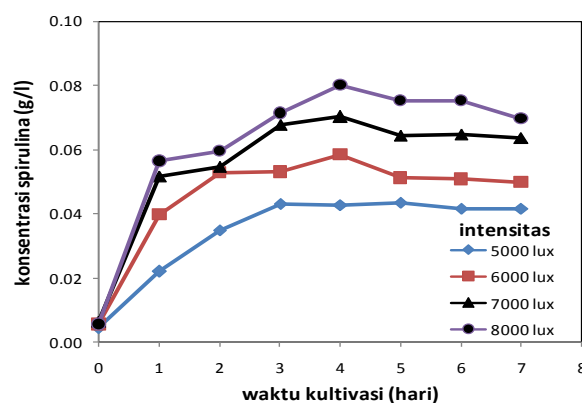
Tabel.1 Laju pertumbuhan spesifik , produktivitas biomassa , kadar phicocyanin dan % penurunan COD pada berbagai penambahan urea dan intensitas cahaya pada pH awal 9,5 dan temperatur 28-30°C

Urea (ppm)	Intensitas cahaya (lux)	μ_{max} (hari ⁻¹)	P		CPC (%)	Penurunan COD (%)	Kadar COD akhir (mg/l)
			(mg/L/hari)	(%)			
40	5000	0.7691	0.0078	0,616	82,30	2760	
40	6000	0.7613	0.0133	0,862	83,20	2620	
40	7000	0.7816	0.016	1,188	85,38	2280	
40	8000	0.8606	0.0187	1,123	85,17	2312	
50	5000	0.851	0.0196	1,297	85,83	2210	
50	6000	0.8577	0.0237	1,424	86,40	2120	
50	7000	0.8841	0.0264	2,030	86,92	2040	
50	8000	0.9394	0.0321	1,904	85,57	2085	
60	5000	0.9299	0.0301	2,253	86,44	1960	
60	6000	0.9804	0.0368	2,613	87,82	1760	
60	7000	0.9356	0.0368	2,811	89,21	1560	
60	8000	0.997	0.0377	2,664	88,40	1677	
70	5000	0.9338	0.0382	3,164	92,53	1080	
70	6000	1.1375	0.0423	5,047	97,20	405	
70	7000	1.1228	0.0424	5,232	98,06	280	
70	8000	1.1218	0.0421	5,106	97,59	349	

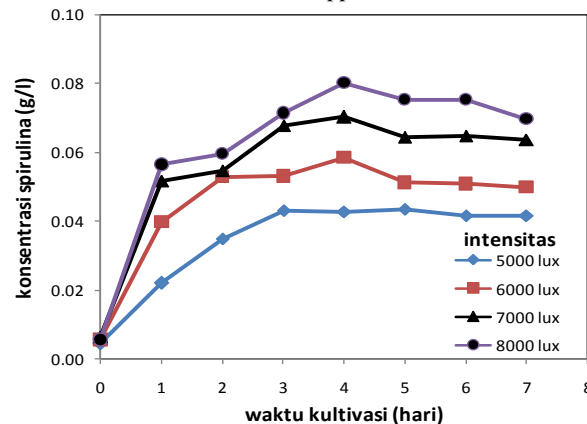
Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan urea yang semakin besar akan meningkatkan laju pertumbuhan spesifik maksimum maupun produktivitas biomassa *Spirulina platensis*, hal ini disebabkan karena penambahan urea berpengaruh terhadap jumlah khlorofil yang terbentuk. Khlorofil mengandung chloroplast yang mengkatalisis perubahan CO₂ menjadi karbohidrat (biomassa) dalam reaksi fotosintesis .Laju reaksi fotosintesis juga dipengaruhi oleh jumlah energi yang diserap.

Pengaruh intensitas cahaya terhadap kenaikan konsentrasi biomassa terlihat jelas pada penambahan urea 40ppm dan 50 ppm , karena pada kondisi ini khlorofil yang terbentuk masih sedikit maka laju pembentukan biomassa juga lambat, kenaikan energi yang diserap akan meningkatkan biomassa yang terbentuk karena nutrisi dalam media masih cukup. Sedangkan pada penambahan urea yang lebih banyak yaitu 60 ppm dan 70 ppm pengaruh kenaikan intensitas cahaya dari 6000 lux, 7000 lux dan 8000 lux hampir tidak memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan spesifik maksimum dan produktivitas. Hal ini karena pada intensitas cahaya 6000 lux penyerapan energi sudah mengalami kejenuhan sehingga penambahan intensitas cahaya sudah tidak mampu lagi diserap oleh *Spirulina platensis* dan terjadi photoinhibisi.

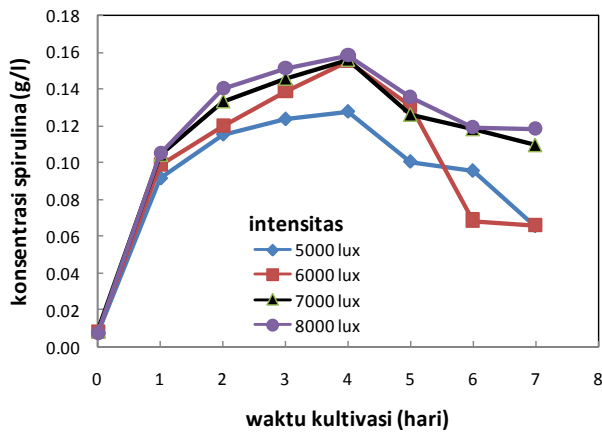
Kondisi optimum untuk pertumbuhan diperoleh pada penambahan urea 70 ppm dengan intensitas cahaya 6000 lux dengan harga μ_{max} sebesar 1,1375 hari⁻¹ produktivitas 0,0423 g/L/hari dan konsentrasi biomassa 0,1744 g/l.



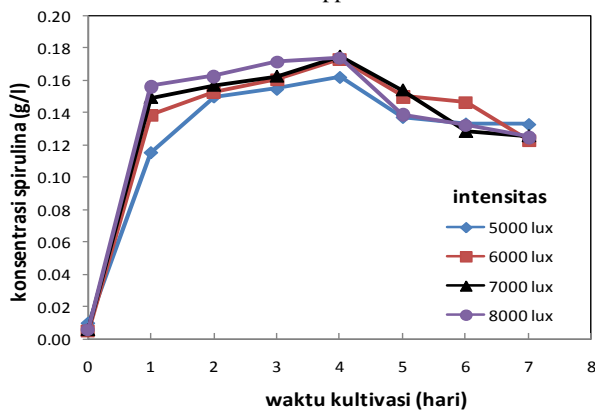
Gambar 2. Pertumbuhan *Spirulina platensis* pada penambahan Urea 40 ppm



Gambar 3. Pertumbuhan *Spirulina platensis* pada penambahan Urea 50 ppm



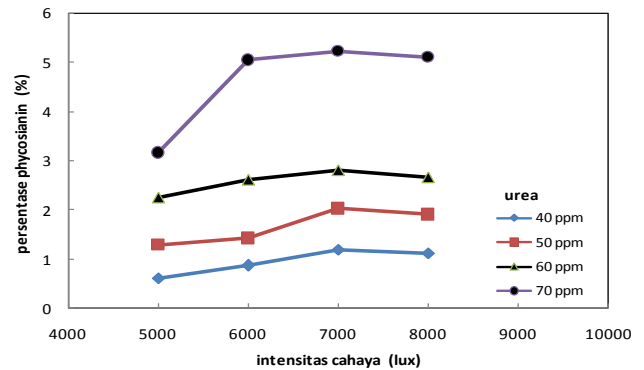
Gambar 4. Pertumbuhan Spirulina platensis pada penambahan Urea 60 ppm



Gambar 5. Pertumbuhan Spirulina platensis pada penambahan Urea 70 ppm

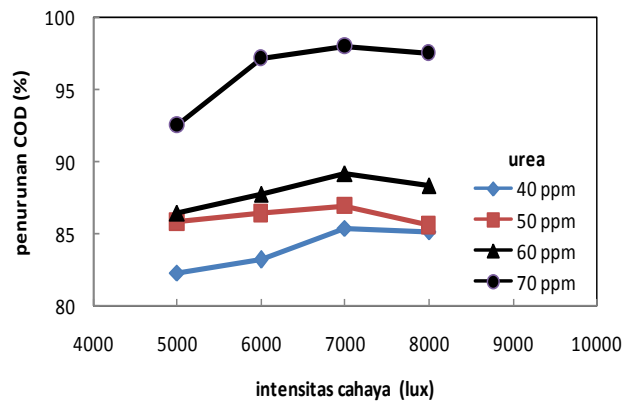
Phycocyanin adalah protein yang ada pada biomassa yang dihasilkan oleh reaksi fotosintesis. Pengaruh penambahan urea dalam medium pertumbuhan terhadap kadar *phycocyanin* terlihat pada gambar 6. Penambahan jumlah urea akan menambah jumlah nitrogen dalam media, sehingga protein yang dihasilkan juga semakin besar. Pada penambahan urea 40 ppm, 50 ppm dan 60 ppm, peningkatan intensitas cahaya kurang berpengaruh terhadap kadar *phycocyanin* hasil, hal ini dikarenakan jumlah nitrogen dalam media kurang sehingga *phycocyanin* yang dihasilkan juga hanya sedikit naik meskipun intensitas cahayanya dinaikkan. Hal ini berbeda pada penambahan urea 70 ppm dengan intensitas cahaya yang dinaikkan dari 5000 lux ke 6000 lux terlihat kadar *phycocyanin* naik dengan tajam tetapi setelah itu penambahan intensitas cahaya tidak banyak berpengaruh. Phenomena ini terjadi karena pada penambahan urea 70 ppm kadar nitrogen dalam media cukup sehingga dengan penambahan energi laju pembentukan protein juga bertambah. Tetapi ketika intensitas cahaya ditambah menjadi 7000 lux kadar *phycocyanin* hanya bertambah sedikit cenderung konstan, hal ini karena penyerapan energi sudah mendekati jenuh. Pada penambahan intensitas cahaya 8000 lux, kadar *phycocyanin* mengalami sedikit penurunan, kemungkinan

penambahan intensitas cahaya menyebabkan photoinhibisi dan photooksidasi sehingga merusak pigmen. Kondisi yang terbaik didapat pada penambahan urea 70 ppm, intensitas cahaya 6000 lux dengan hasil *phycocyanin* 5,047 %.



Gambar 6. Kadar *phycocyanin* pada berbagai penambahan urea

Pengaruh penambahan urea dan intensitas cahaya terhadap penurunan kadar COD dalam limbah VCO digambarkan pada gambar 7. Penurunan nilai COD pada media disebabkan oleh konsumsi minyak, karbohidrat dan protein yang ada pada limbah oleh mikroalga. Semakin besar laju pertumbuhan *Spirulina.platensis* maka semakin besar penurunan COD. Hal ini terlihat dari kesesuaian laju produksi biomassa dengan laju penurunan kadar COD limbah VCO. Penurunan COD terbaik didapat pada penambahan urea 70 ppm dengan intensitas cahaya 7000 lux dengan kadar 280 mg/l. Tetapi penurunan kadar COD limbah VCO ini belum dapat mencapai kadar COD yang diijinkan untuk industri pengolahan kelapa yaitu 150 mg/l.



Gambar 7. Penurunan kadar COD pada limbah VCO pada berbagai penambahan urea dan intensitas cahaya

4. Kesimpulan

Kondisi optimum pertumbuhan *Spirulina platensis* pada limbah VCO didapat pada penambahan urea 70 ppm, intensitas cahaya 6000 lux, pH awal 9,5, temperatur 28-30°C dengan hasil μ_{max} 1,1375 hari⁻¹, produktivitas 0,0423 g/l/hari, konsentrasi biomassa 0,1734 g/l dan kadar *phycocyanin* 5,047 %.

Penurunan COD pada limbah VCO terbanyak adalah 98,06% didapat pada kondisi penambahan urea 70 ppm, intensitas cahaya 7000 lux, pH awal 9,5, temperatur 28-30°C, dengan nilai COD akhir 280 mg/l belum memenuhi standar nilai COD limbah industri pengolahan kelapa yaitu 150 mg/l.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UPN “Veteran” Yogyakarta, atas pemberian bantuan dana untuk penelitian ini. Juga kepada saudara Siti Nurjanah dan Nurul Islamy Putra yang telah membantu dalam pengambilan data.

Daftar Pustaka

APHA, AWWA, and WPCF, 1992, Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington DC.

Azimatun Nur, M.M.; Irawan, M.A.; Hadiyanto, 2015. Utilization of Coconut Milk Skim Effluent (CMSE) as Medium Growth for *Spirulina plantensis*. *Procedia Environmental Sciences* 23(2015)72-77, Elsevier

Boussiba S. and A. Richmond. 1979. Isolation and purification of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Arch. Microbiol.* 120:155-159.

Chung, S., 2000. The Growth Characteristics of *Spirulina platensis* under Photoautotrophic and Mixotrophic Conditions. (Thesis). University of Hong Kong, Pokfulam, Hong Kong SAR. Retrieved from http://dx.doi.org/10.5353/th_b3122236

Hadiyanto dan Maulana Azim, 2012, Mikroalga Sebagai Sumber Pangan dan Sumber Energi Masa Depan, Cetakan pertama, UPT UNDIP Pres, Semarang

Yong Chang Seo, Woo Seok Choi, Jong Ho Park, Jin Oh Park, Kyung-Hwang Jun and Hyeon Yong Lee, 2013, “Stable Isolation of Phycocyanin from *Spirulina platensis* Associated with High- Pressure Extraction Process”, *International Journal of Molecular Sciences* 14, 1778-1787

Rangel-Yagui, C.O.; Danesi, E.D.G.; Carvalho, J.C.M.; Sato, Sunao; 2004, Chlorophyll Production from *Spirulina*