Eksergi, Vol 19, No. 1
ISSN: 1410-394X

Pengaruh Variasi Konsentrasi $NaNO_3$ pada Medium Raoof terhadap Kultivasi *Spirulina Platensis*

Effect of $NaNO_3$ Concentration in Medium of Raoof on Cultivation of *Spirulina Platensis*

Iqbal Syaichurrozi*, Wardalia, Sharfan Dwicahyanto, Yustinus Selis Toron

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
Jl. Jendral Soedirman Km 3, Cilegon 42435, Provinsi Banten, Indonesia

Artikel histori :

Diterima 21 Januari 2022
Diterima dalam revisi 30 Januari 2022
Diterima 19 Februari 2022
Online 5 April 2022

ABSTRAK: Nutrisi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina platensis*. Medium kultivasi yang diusulkan oleh Raoof adalah hasil modifikasi dari medium Zarrouk. Medium Raoof membutuhkan nutrisi yang lebih sedikit dibandingkan medium Zarrouk tetapi biomassa yang dihasilkan hampir sama. Penelitian ini dilakukan untuk memvariasikan konsentrasi $NaNO_3$ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L pada medium Raoof untuk mempelajari pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan komposisi biomassa *S. platensis*. Pada masing-masing konsentrasi $NaNO_3$ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L diperoleh konsentrasi biomassa tertinggi sebesar 0,6425; 0,6455; 0,6745; 0,5193 g/L pada hari ke-12, 12, 12, 10. Konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L menghasilkan *specific growth rate* tertinggi yaitu 0,1371 /hari dan *double time* terendah yaitu 5,0566 hari. Secara umum, peningkatan konsentrasi $NaNO_3$ dari 0,5 ke 2,5 g/L meningkatkan kadar protein dari 33,30 menjadi 36,98 %. Penambahan $NaNO_3$ lebih tinggi (yaitu 3,5 g/L) justru menurunkan kadar protein menjadi 35,52%.

Kata Kunci: kultivasi; medium Raoof; $NaNO_3$; *Spirulina platensis*

ABSTRACT: *Nutrition is one of the factors that affect the growth of Spirulina platensis. The cultivation medium proposed by Raoof is a modified version of Zarrouk medium. Raoof medium requires less nutrients than Zarrouk medium but the biomass produced is almost the same. This study was conducted to vary the concentration of $NaNO_3$ of 0.5; 1.5; 2.5; 3.5 g/L in Raoof medium to study its effect on growth and biomass composition of S. platensis. At each concentration of $NaNO_3$ of 0.5; 1.5; 2.5; 3.5 g/L obtained the highest biomass concentration of 0.6425; 0.6455; 0.6745; 0,5193 g/L on days 12, 12, 12, 10. Concentration of $NaNO_3$ of 2.5 g/L resulted in the highest specific growth rate of 0.1371/day and the lowest double time of 5.0566 days. In general, increasing the concentration of $NaNO_3$ from 0.5 to 2.5 g/L increased the protein content from 33.30 to 36.98%. The addition of higher $NaNO_3$ (3.5 g/L) actually decreased the protein content to 35.52%.*

Keywords: *cultivation; Raoof medium; $NaNO_3$; Spirulina platensis*

1. Pendahuluan

Spirulina platensis atau disingkat *S. platensis* adalah salah satu jenis mikrolaga yang dapat hidup baik di lingkungan air laut maupun di air tawar. Mikroalga ini memiliki kelebihan dibandingan jenis yang lain seperti laju pertumbuhan lebih cepat dan ukuran biomass lebih besar sehingga mudah dalam pemanenan (Budiyono, Syaichurrozi, Sumardiono, & Sasongko, 2014; I. Syaichurrozi & Jayanudin, 2017; Iqbal Syaichurrozi & Jayanudin, 2017). *S. platensis* adalah salah satu sumber makanan dengan kandungan protein yang tinggi dimana 1 are *S. platensis* menghasilkan protein 20 kali lebih besar dibandingkan 1 are kedelai atau jagung. Selain itu, dibandingkan dengan daging sapi, *S. platensis* mempunyai protein 200 kali lebih besar (Spolaore, Joannis-Cassan, Duran, & Isambert, 2006; Iqbal Syaichurrozi et al., 2016; Iqbal Syaichurrozi & Jayanudin, 2017).

Dalam pertumbuhannya, mikroalga membutuhkan sumber karbon dan sumber cahaya untuk proses fotosintesis. Selain itu, sumber nitrogen dan mikronutrien juga dibutuhkan untuk mempercepat laju pertumbuhan. Biomassa mikroalga memiliki kandungan utama berupa lipid, protein, dan karbohidrat pada komposisi yang berbeda tergantung pada jenis mikroalga dan cara kultivasinya (Markou, Angelidaki, & Georgakakis, 2012). Laju pertumbuhan dan komposisi biomassa *S. platensis* dipengaruhi oleh beberapa faktor, dimana salah satu faktor penting adalah nutrisi pada media tumbuh (Cornet, Dussap, & Dubertret, 1992).

*Corresponding Author:
Email: iqbal_syaichurrozi@untirta.ac.id; iqbalsyaichurrozi@gmail.com

Kultivasi *S. platensis* dengan hasil biomassa yang besar tetapi dengan biaya rendah sangat diminati untuk dilakukan *scale-up* pada skala industri. Biaya pembelian nutrisi adalah faktor terbesar kedua setelah *labor* yang mempengaruhi biaya untuk produksi biomassa *S. platensis* (Vonshak, 1997). Medium sintesis yang berhasil diformulasikan untuk kultivasi *S. platensis* adalah medium Zarrouk (ZM) dan telah menjadi standar medium. Selanjutnya, Raoof et al. (Raoof, Kaushik, & Prasanna, 2006) memodifikasi medium Zarrouk agar diperoleh medium dengan biaya nutrisi rendah tetapi menghasilkan biomassa dengan kandungan protein yang hampir sama dengan *S. platensis* yang dikultivasi pada medium Zarrouk.

Penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi medium Raoof dengan memvariasikan konsentrasi $NaNO_3$ di dalam medium. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pertumbuhan *S. platensis* pada medium Raoof dengan variasi konsentrasi $NaNO_3$, lalu membandingkan laju pertumbuhan dan kandungan karbohidrat-protein-lemak dari biomass hasil kultivasi.

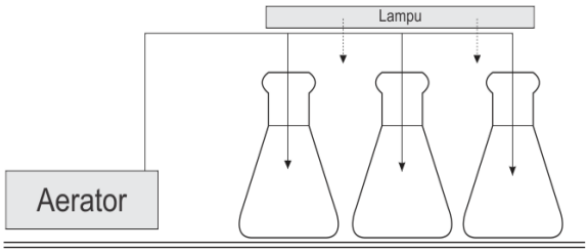
2. Metode

2.1. Mikroalga *S. platensis*

S. platensis diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara, Jawa Tengah, Indonesia.

2.2. *Experimental set up*

Rangkaian alat kultivasi *S. platensis* ditampilkan pada **Gambar 1**. Proses kultivasi dilakukan pada kondisi kamar secara batch dengan Erlenmeyer volume 1 L. Sumber cahaya dari lampu tube light Philips 18 W dengan jarak 18 cm. Kondisi pH awal diatur pada nilai 9 dengan menambahkan larutan NaOH 1 M.



Gambar 1. Rangkaian alat kultivasi

2.3. *Experimental design*

Medium kultivasi dengan kode RM_6 yang diusulkan oleh Raoof (Raoof et al., 2006) merupakan hasil modifikasi dari medium Zarrouk (RM6) digunakan sebagai medium dasar pada penelitian ini. Medium Raoof RM_6 mengandung nutrisi NaHCO3 8 g/L, NaNO3 2,5 g/L, TSP 1,25 g/L, NaCl 0,5 g/L, MgSO4.7H2O 0,15 g/L, CaCl2.2H2O 0,04 g/L, KCl 0,898 g/L. Nutrisi tersebut dilarutkan dalam air sebanyak 900 ml dan kemudian ditambahkan kultur *S. plantesis* sebanyak 100 ml atau 10 % dari volume media pertumbuhan. Pada penelitian ini, konsentrasi NaNO3 divariasikan pada konsentrasi yang lain yaitu 1,5; 2; 3; 3,5 g/L. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa variasi $NaNO_3$ yang dipelajari pada penelitian ini adalah 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 g/L

2.4. *Experimental procedure*

Proses kultivasi dilakukan selama 14 hari secara *batch*. Volume biakan sebanyak 1000 mL. Sampel cairan sebanyak ± 50 mL diambil tiap 2 hari untuk diukur pH cairan dan konsentrasi biomassanya. Pengukuran konsentrasi biomassa dilakukan dengan cara menyaring biomassa menggunakan kertas saring yang telah ditimbang. Kemudian hasil yang telah disaring dikeringkan menggunakan oven pada temperatur ± 60 °C selama 4-5 jam. Konsentrasi biomassa dihitung dengan Persamaan (1).

$$Konsentrasi\ biomassa = \frac{massa\ A - massa\ B}{volume\ sampel} \qquad (1)$$

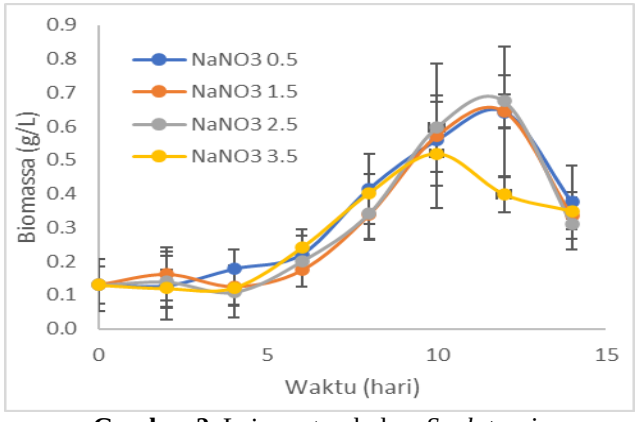
Di mana:
Massa A = massa kertas saring+massa biomassa kering
Massa B = massa kertas saring

Selanjutnya, kandungan karbohidrat, protein, lemak dianalisa melalui uji *proximate* di Universitas Diponegoro.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pertumbuhan *S. platensis*

Laju pertumbuhan *S. platensis* selama 14 hari ditampilkan pada **Gambar 2**. Pada hari 0 sampai 4 terlihat bahwa grafik sempat mengalami penurunan, hal ini dikarenakan mikroalga memasuki fase lag yaitu proses adaptasi mikroalga pada medium. Setelah melewati fase lag, mikroalga memasuki fase eksponensial sekitar pada hari ke 4 sampai dengan 10, pada fase ini mikroalga sudah beradaptasi dan siap untuk berkembang biak sehingga pada grafik tersebut terlihat bahwa laju pertumbuhannya terus meningkat. Fase stasioner terjadi pada hari 10 dan tidak lama kemudian memasuki fase *death*, di mana pada fase ini densitas kultur sudah pekat sehingga cahaya dari luar sudah sulit untuk menembus sel-sel mikroalga dan ketersediaan nutrisi sudah mulai berkurang. Hal ini menyebabkan secara perlahan mikroalga akan mati karena tidak mendapat sumber cahaya dan nutrisi yang cukup.



Gambar 2. Laju pertumbuhan *S. platensis*

Jumlah biomassa tertinggi diperoleh pada hari ke-12, 12, 12, 10 pada variasi konsentrasi $NaNO_3$ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L dengan nilai 0,6425; 0,6455; 0,6745; 0,5193 g/L **(Gambar 2)**. $NaNO_3$ adalah sumber nitrogen yang merupakan makronutrien penting dalam pertumbuhan mikroalga. Jika jumlah nitrogen terlalu sedikit, maka pembentukan klorofil menjadi terhambat sehingga proses fotosintesis berlangsung dengan lambat dan jumlah biomassa yang dihasilkan tidak maksimal. Sebaliknya, jumlah nitrogen yang terlalu banyak juga dapat menghambat pertumbuhan mikroalga (Ernest, 2012). Berdasarkan **Gambar 2**, konsentrasi $NaNO_3$ yang terbaik adalah 2,5 g/L. Konsentrasi kurang atau lebih dari 2,5 g/L menghasilkan jumlah biomassa yang lebih sedikit. Secara detail, meskipun konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L menghasilkan biomassa paling besar. jumlah biomassa pada konsentrasi $NaNO_3$ 0,5-2,5 g/L hampir sama **(Tabel 1)**. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Ren et al. (Ren, Liu, Ma, Zhao, & Ren, 2013) dimana peningkatan penambahan konsentrasi $NaNO_3$ dari 0,2 sampai 0,6 g/L berhasil meningkatkan konsentrasi biomassa mikroalga *Scenedesmus sp*. Akan tetapi, penambahan konsentrasi $NaNO_3$ hingga 1 g/L justru menurunkan jumlah biomassa. Selanjutnya, *spesific growth rate* dan *double time* dapat dihitung dengan persamaan (2) dan (3).

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{B_{max}}{B_0}\right)}{(t_{max} - t_0)} \quad (2)$$

$$t_d = \frac{\ln(2)}{\mu} \quad (3)$$

Di mana:
μ = *specific growth rate* (/hari)
B_{max} = konsentrasi biomassa tertinggi yang dapat diperoleh (g/L)
B_0 = konsentrasi biomassa pada awal kultivasi (pada t_0) (g/L)
t_{max} = waktu tercapainya B_{max} (hari)
t_0 = waktu awal kultivasi (hari ke-0) (hari)
t_d = *double time*

Tabel 1 menunjukkan data *growth rate* dan *double time* pada berbagai variasi konsentrasi $NaNO_3$. *Specific growth rate* adalah laju pertumbuhan spesifik mikroalga per hari dan *double time* adalah waktu yang dibutuhkan suatu sel untuk menggandakan populasi di mana semakin rendah nilai *double time* maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk penggandaan dan begitu juga sebaliknya. Berdasarkan **Tabel 1**, nilai μ tertinggi diperoleh pada konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L. Nilai t_d terendah juga diperoleh pada konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L. Hasil ini menunjukkan bahwa medium Raoof sudah menggunakan konsentrasi $NaNO_3$ yang tepat yaitu 2,5 g/L. Akan tetapi konsentrasi $NaNO_3$ yang lebih rendah yaitu 0,5-1,5 g/L dapat dipertimbangkan untuk kultivasi *S. platensis* karena nilai μ dan t_d hanya sedikit berbeda (tidak signifikan) dari medium Raoof (yaitu $NaNO_3$ 2,5 g/L). Hal ini diduga karena rasio C:N pada konsentrasi tersebut masih mendekati rentang rasio optimum pada pertumbuhan *Spirulina*. Berdasarkan beberapa literatur, rasio C:N yang disarankan pada kultivasi *Spirulina* adalah 3-3,3 (Nur & Hadiyanto, 2014), 6,8 (Setyoningrum, Wikasitakusuma, Islamy Putra, & Azimatun Nur, 2014), 9,8 (Budiyono et al., 2014), 10,7 (Iqbal Syaichurrozi & Jayanudin, 2017). Berdasarkan informasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa rentang C:N optimum berkisar 3-10,7. Pada penelitian ini, penambahan konsentrasi $NaNO_3$ 0,5-2,5 g/L menghasilkan C:N berkisar 2,75-11 (Table 1) dan nilai tersebut mendekati nilai C/N optimum berdasarkan literatur diatas. Sementara itu, konsentrasi $NaNO_3$ 3,5 g/L tidak disaranakan karena mempunyai C/N yang terlalu kecil sehingga menghasilkan nilai μ yang lebih rendah serta membutuhkan biaya yang lebih tinggi untuk membeli nutrisi $NaNO_3$.

Tabel 1. Biomassa maksimum, *specific growth rate*, *double time*

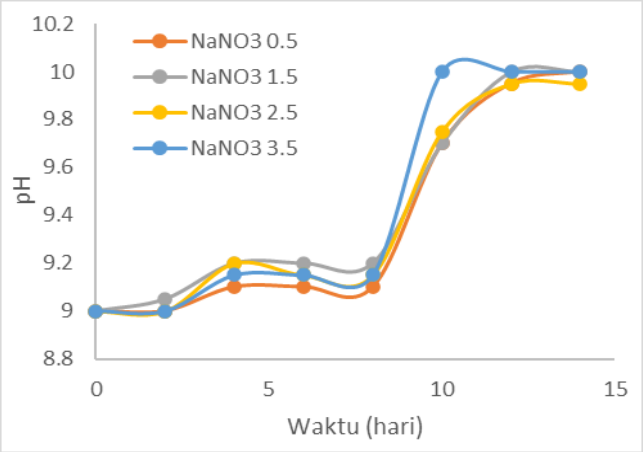
Konsentrasi $NaNO_3$ (g/L)	C:N:P	C:N	B_{max} (g/L)	t_{max} (hari)	B_0 (g/L)	μ (/hari)	t_d (hari)
0,5	5,5:0,5:1	11	0,6425	12	0,1302	0,1330	5,2106
1,5	5,5:1:1	5,5	0,6455	12	0,1302	0,1334	5,1954
2,5	5,5:2:1	2,75	0,6745	12	0,1302	0,1371	5,0566
3,5	5,5:3:1	1,83	0,5193	10	0,1302	0,0933	7,4313

3.2. pH medium

Gambar 3 menunjukkan profil pH dari masing-masing variasi konsentrasi $NaNO_3$. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada awal kultivasi profil pH tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan dari kondisi awal yaitu pH 9 dan sampai pada hari ke-10 rata-rata profil pH medium kultivasi naik mencapai pH 10. Nutrisi yang terdapat dalam medium dapat menjadi penyebab berubahnya pH karena sumber karbon yang ada pada kultur yaitu $NaHCO_3$ akan digunakan oleh mikroalga pada proses fotosintesis dengan persamaan (4-5).

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^- \quad (4)$$
$$HCO_3^- \rightarrow CO_2 + OH^- \quad (5)$$

Sehingga OH^- yang terbentuk menaikkan pH seiring dengan dimanfaatkannya sumber karbon $NaHCO_3$ dalam proses fotosintesis (Markou & Georgakakis, 2011; Sumardiono & Sasongko, 2014).



Gambar 3. pH medium

Berdasarkan **Gambar 3**, profil pH medium tidak dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi $NaNO_3$ dari 0,5-2,5 g/L. Akan tetapi, konsentrasi $NaNO_3$ 3,5 g/L cukup berpengaruh terhadap kenaikan pH medium. $NaNO_3$ di dalam medium akan terionisasi menjadi Na^+ dan NO_3^-. Selanjutnya NO_3^- (nitrat) direduksi oleh enzim *nitrate reductase* menjadi NO_2^- (nitrit), lalu nitrit direduksi oleh enzim *nitrite reductase* menjadi ammonium. Akumulasi ammonium di dalam sistem dapat meningkatkan pH medium.

3.3. Komposisi biomassa

Komposisi biomassa disajikan pada **Tabel 2**. Berdasarkan Tabel 2, biomassa *S. platensis* dengan kandungan karbohidrat tinggi diperoleh pada medium dengan konsentrasi $NaNO_3$ 0,5-1,5 g/L (Rasio C:N = 5,5-11, **Tabel 1**). Hal ini berkaitan dengan tingginya sumber karbon pada medium. Semakin tinggi sumber karbon pada medium, semakin tinggi kandungan karbohidrat pada biomassa *S. platensis* (Markou, 2012). Secara detail, konsentrasi $NaNO_3$ 1,5 g/L (C:N = 5,5) menghasilkan biomassa dengan karbohidrat lebih tinggi daripada 0,5 g/L (C:N = 11). Hal tersebut diduga disebabkan pada rasio C:N = 5,5 adalah rasio paling tepat untuk mengkondisikan biomassa *S. platensis* dengan kandungan karbohidrat tinggi.

Adapun biomassa *S. platensis* pada medium dengan konsentrasi 2,5-3,5 g/L (Rasio C:N = 1,83-2,75, **Tabel 1**) mengandung protein tinggi (35,52-36,98%). Hal ini berkaitan dengan tingginya sumber nitrogen pada medium, di mana semakin rendah rasio C:N, semakin tinggi kandungan protein pada biomassa (Markou, 2012). Secara detail, konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L (medium Raoof, C:N = 2,75) menghasilkan biomassa dengan protein lebih tinggi daripada 3,5 g/L (C:N = 1,83). Hal ini diduga disebabkan pada rasio C:N = 2,75 adalah rasio paling tepat untuk mengkondisikan biomassa *S. platensis* dengan kandungan protein tinggi. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan penambahan sumber nitrogen $NaNO_3$ dari 0,5 ke 2,5 g/L cenderung meningkatkan kadar protein dari 33,30 menjadi 36,98 %. Penambahan $NaNO_3$ lebih tinggi (yaitu 3,5 g/L) justru menurunkan kadar protein menjadi 35,52%.

Tabel 2. Komposisi biomassa

Konsentrasi $NaNO_3$ (g/L)	Kadar Dalam 100% Bahan Kering				
	Abu (%)	Lemak Kasar (%)	Serat Kasar (%)	Protein Kasar (%)	Karbohidrat (%)
0,5	12,05	3,06	10,01	33,30	51,59
1,5	11,44	5,40	11,05	28,34	54,82
2,5	10,90	3,26	11,82	36,98	48,86
3,5	10,93	4,28	11,55	35,52	49,27

4. Kesimpulan

Variasi konsentrasi $NaNO_3$ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L pada medium Raoof dilakukan untuk mempelajari pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan komposisi biomassa *S. platensis*. Konsentrasi biomassa tertinggi sebesar 0,6425; 0,6455; 0,6745; 0,5193 g/L diperoleh hari ke-12, 12, 12, 10 pada masing-masing konsentrasi $NaNO_3$ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L. Konsentrasi $NaNO_3$ 2,5 g/L menghasilkan *specific growth rate* tertinggi yaitu 0,1371 /hari dan *double time* terendah yaitu 5,0566 hari. Konsentrasi $NaNO_3$ menghasilkan biomassa dengan kadar protein paling tinggi yaitu 36,98%.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas dukungannya melalui tersedianya laboratorium yang memadai demi terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

Budiyono, Syaichurrozi, I., Sumardiono, S., & Sasongko, S. B. (2014). Production of Spirulina platensis Biomass Using Digested Vinasse as Cultivation Medium. *Trends in Applied Sciences Research*, *9*(2),

93–102. https://doi.org/10.3923/TASR.2014.93.102

Cornet, J. F., Dussap, C. G., & Dubertret, G. (1992). A structured model for simulation of cultures of the cyanobacterium Spirulina platensis in photobioreactors: I. Coupling between light transfer and growth kinetics. *Biotechnology and bioengineering*, *40*(7), 817–825. https://doi.org/10.1002/BIT.260400709

Ernest, P. (2012). *Pengaruh Kandungan Ion Nitrat Terhadap Pertumbuhan Nannochloropsis sp*. Universitas Indonesia, Jakarta.

Markou, G. (2012). Alteration of the biomass composition of Arthrospira (Spirulina) platensis under various amounts of limited phosphorus. *Bioresource technology*, *116*, 533–535. https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2012.04.022

Markou, G., Angelidaki, I., & Georgakakis, D. (2012). Microalgal carbohydrates: an overview of the factors influencing carbohydrates production, and of main bioconversion technologies for production of biofuels. *Applied microbiology and biotechnology*, *96*(3), 631–645. https://doi.org/10.1007/S00253-012-4398-0

Markou, G., & Georgakakis, D. (2011). Cultivation of filamentous cyanobacteria (blue-green algae) in agro-industrial wastes and wastewaters: A review. *Applied Energy*, *88*(10), 3389–3401. https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2010.12.042

Nur, M. M. A., & Hadiyanto. (2014). Evaluation of Carbon, Nitrogen and Phosphorus Ratio of Palm Oil Mill Effluent Digested (POMED) Wastewater as Replacement Synthetic Medium for Spirulina Sp Growth. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, *14*(6), 536–540. Diambil dari https://www.researchgate.net/publication/275224600_Evaluation_of_Carbon_Nitrogen_and_Phosphorus_Ratio_of_Palm_Oil_Mill_Effluent_Digested_POMED_Wastewater_as_Replacement_Synthetic_Medium_for_Spirulina_Sp_Growth

Raoof, B., Kaushik, B. D., & Prasanna, R. (2006). Formulation of a low-cost medium for mass production of Spirulina. *Biomass and Bioenergy*, *30*(6), 537–542. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2005.09.006

Ren, H. Y., Liu, B. F., Ma, C., Zhao, L., & Ren, N. Q. (2013). A new lipid-rich microalga Scenedesmus sp. strain R-16 isolated using Nile red staining: Effects of carbon and nitrogen sources and initial pH on the biomass and lipid production. *Biotechnology for Biofuels*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-143

Setyoningrum, T. M., Wikasitakusuma, V. A., Islamy Putra, N., & Azimatun Nur, M. (2014). Evaluasi Rasio C/N pada Kultivasi Spirulina Platensis dengan Penambahan Molase sebagai Sumber Karbon Organik Evaluation of C/N Ratio in Spirulina platensis Cultivation using Molasses Addition as Organic Carbon Source. *Eksergi*, *XI*(02), 30–34.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *101*(2), 87–96. https://doi.org/10.1263/JBB.101.87

Sumardiono, S., & Sasongko, S. B. (2014). Utilization of Biogas as Carbon Dioxide Provider for Spirulina platensis Culture. *Current Research Journal of Biological Sciences*, *6*(1), 53–59.

Syaichurrozi, I., & Jayanudin, J. (2017). Effect of Tofu Wastewater Addition on the Growth and Carbohydrate-Protein-Lipid Content of Spirulina platensis. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, *30*(11). https://doi.org/10.5829/ije.2017.30.11b.02

Syaichurrozi, Iqbal, & Jayanudin, J. (2017). KULTIVASI SPIRULINA PLATENSIS PADA MEDIA BERNUTRISI LIMBAH CAIR TAHU DAN SINTETIK. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, *5*(2), 68–73. https://doi.org/10.15294/JBAT.V5I2.7398

Syaichurrozi, Iqbal, Jayanudin, J., Kimia, J. T., Teknik, F., Sultan, U., Tirtayasa, A., … -Banten, C. (2016). POTENSI LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI MEDIA TUMBUH SPIRULINA PLATENSIS. *JURNAL INTEGRASI PROSES*, *6*(2), 64–68. https://doi.org/10.36055/JIP.V6I2.809

Vonshak, A. (1997). Spirulina platensis (Arthrospira) : physiology, cell-biology, and biotechnology, 233. Diambil dari https://www.routledge.com/Spirulina-Platensis-Arthrospira-Physiology-Cell-Biology-And-Biotechnology/Vonshak/p/book/9780748406746