

Pengaruh Perbedaan Jenis dan Konsentrasi Sumber Nitrogen (NaNO_3 dan urea) terhadap Produksi Biomassa *Spirulina platensis*

Effect of Differences in Type and Concentration of Nitrogen Sources (NaNO_3 and Urea) on *Spirulina platensis* Biomass Production

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

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

Artikel histori :

Diterima 1 April 2023
Diterima dalam revisi 27 Mei 2023
Diterima 28 Mei 2023
Online 8 Juni 2023

ABSTRAK: Tujuan penelitian ini adalah menginvestigasi pengaruh konsentrasi dan jenis sumber nitrogen pada medium kultivasi terhadap produksi biomassa dan kandungan biokimia (karbohidrat, protein, lemak) dalam biomassa *Spirulina platensis*. Jenis sumber nitrogen meliputi NaNO_3 dan urea, dimana konsentrasinya divariasikan 0,5-3,5 g/L. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan urea cenderung menghasilkan biomassa *S. platensis* lebih banyak dibandingkan penggunaan NaNO_3 . Konsentrasi terbaik yang menghasilkan biomassa tertinggi adalah NaNO_3 2,5 g/L (biomassa 0,6745 g/L) dan urea 0,5 g/L (biomassa 0,7158 g/L). Penggunaan urea juga cenderung menghasilkan laju pertumbuhan spesifik yang lebih besar dan waktu berganda yang lebih singkat dibandingkan penggunaan NaNO_3 . Konsentrasi sumber nitrogen yang tinggi menyebabkan pH medium dapat meningkat lebih cepat karena akumulasi ammonium di dalam medium. Penggunaan NaNO_3 dapat menghasilkan biomassa dengan kandungan protein yang lebih tinggi (28,34-36,98%) dibandingkan penggunaan urea (25,86-33,52%).

Kata Kunci: medium kultivasi; NaNO_3 ; protein; *Spirulina platensis*; urea

ABSTRACT: The goal of this study was to investigate the effect of the concentration and the type of nitrogen sources in the cultivation medium on the production of biomass and biochemical content (carbohydrates, proteins, fats) in the *Spirulina platensis* biomass. Types of nitrogen sources included NaNO_3 and urea, where the concentrations were varied from 0.5 to 3.5 g/L. The results showed that the use of urea tended to produce more *S. platensis* biomass than the use of NaNO_3 . The best concentrations that produced the highest biomass were NaNO_3 2.5 g/L (biomass 0.6745 g/L) and urea 0.5 g/L (biomass 0.7158 g/L). The use of urea also tended to produce a higher specific growth rate and a shorter doubling time than the use of NaNO_3 . The high concentration of nitrogen sources caused the pH of the medium to increase more rapidly due to the accumulation of ammonium in the medium. Using NaNO_3 can produce biomass with a higher protein content (28.34-36.98%) than using urea (25.86-33.52%).

Keywords: medium of cultivation; NaNO_3 ; protein; *Spirulina platensis*; urea

1. Pendahuluan

Salah satu jenis mikroalga yang populer adalah *Spirulina platensis*. Mikroalga jenis ini mempunyai keunggulan dibandingkan mikroalga jenis lainnya karena memiliki ukuran biomassa yang lebih besar dan laju pertumbuhan yang lebih cepat sehingga biomassa yang terbentuk dapat dengan cepat dan mudah untuk dipanen (Budiyono et al., 2014; Syaichurrozi & Jayanudin, 2017; Syaichurrozi & Jayanudin, 2017). Mikroalga *S. platensis* dikenal sebagai mikroalga yang kaya akan kandungan protein. Dilaporkan bahwa setiap 1 are biomassa *S. platensis* mempunyai 20 kali

lipat kandungan protein jika dibandingkan kandungan protein pada 1 are jagung atau kedelai. Selain itu, biomassa *S. platensis* mengandung protein 200 kali lipat jika dibandingkan dengan daging dengan jumlah yang sama (Spolaore et al., 2006; Syaichurrozi et al., 2016; Syaichurrozi & Jayanudin, 2017).

S. platensis dapat dikultivasi pada media air tawar yang mengandung berbagai nutrient. Makronutrien yang dibutuhkan adalah karbon dan nitrogen. Sumber cahaya juga dibutuhkan oleh *S. platensis* untuk melakukan proses fotosintesis. Kandungan karbohidrat, protein dan lemak

* Corresponding Author:

Email: iqbal_syaichurrozi@untirta.ac.id

pada biomassa mikroalga dipengaruhi oleh jenis mikroalga dan cara kultivasinya termasuk kandungan nutrisi pada medium kultivasi (Markou et al., 2012). Nutrien pada medium kultivasi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan dan kandungan biomassa pada mikroalga (Cornet et al., 1992).

Proses kultivasi mikroalga dengan biaya rendah tetapi menghasilkan biomassa yang besar sangat diminati karena dapat menghasilkan keuntungan yang besar. Dua komponen biaya kultivasi yang paling besar adalah biaya labor dan biaya pembelian nutrient (Vonshak, 1997). Salah satu medium kultivasi yang membutuhkan nutrisi yang tidak terlalu banyak adalah medium Zarrouk. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Raof et al. (Raof et al., 2006) melaporkan bahwa medium Zarrouk bisa dimodifikasi yaitu dengan menurunkan kebutuhan nutrisi tetapi masih menghasilkan biomassa *S. platensis* dengan kandungan protein yang tetap tinggi (hampir sama dengan kandungan protein pada biomassa *S. platensis* dengan medium Zarrouk).

Medium Raof menggunakan NaNO₃ sebagai sumber nitrogen. Selain NaNO₃, sumber nitrogen lain yang sering digunakan adalah urea. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menginvestigasi pengaruh perbedaan konsentrasi (0,5-3,5 g/L) dan jenis sumber nitrogen (NaNO₃ dan urea) terhadap produksi biomassa serta kandungan biokimia (protein, karbohidrat, lemak) pada biomassa yang dihasilkan.

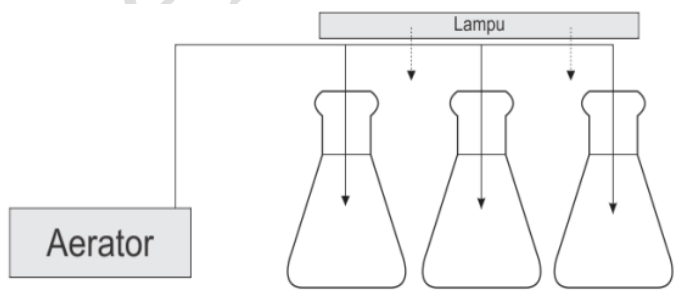
2. Metode Penelitian

2.1 Mikroalga *S. platensis*

Penelitian ini menggunakan mikroalga jenis *S. platensis* yang diperoleh dari tempat yang sama dengan penelitian sebelumnya (Syaichurrozi et al., 2022) yaitu BBPBAP di Kabupaten Jepara (Provinsi Jawa Tengah).

2.2 Perancangan Alat Skala Laboratorium

Fotobioreaktor *batch* skala laboratorium dibangun menggunakan Erlenmeyer volume 1 L. Selanjutnya, lampu tube light merek Philips dengan daya 18 Watt dimanfaatkan sebagai sumber cahaya yang ditempatkan dengan jarak 18 cm dari Erlenmeyer. Aerator digunakan untuk mensuplai udara ke dalam fotobioreaktor. Udara tersebut berfungsi untuk pengadukan. Susunan fotobioreaktor kultivasi mikroalga *S. platensis* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Fotobioreaktor skala laboratorium (Syaichurrozi et al., 2022)

2.3 Desain Penelitian

Pada penelitian ini, medium RM₆ yang ditemukan oleh Raof (Raof et al., 2006) digunakan sebagai medium dasar. Medium ini membutuhkan beberapa nutrisi sebagai berikut NaNO₃ 2,5 g/L, NaHCO₃ 8 g/L, TSP 1,25 g/L, MgSO₄.7H₂O 0,15 g/L, NaCl 0,5 g/L, KCl 0,898 g/L, and CaCl₂.2H₂O 0,04 g/L. Akan tetapi, untuk penyederhanaan, penelitian ini hanya menggunakan nutrisi inti yaitu NaNO₃ 2,5 g/L, NaHCO₃ 8 g/L, dan TSP 1,25 g/L. Pada penelitian ini, konsentrasi NaNO₃ divariasikan menjadi 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L. Selain itu, akan dilakukan pergantian kebutuhan NaNO₃ menggunakan urea dimana konsentrasi urea juga divariasikan menjadi 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L.

Medium kultivasi dibuat dengan melarutkan nutrient yang dibutuhkan ke dalam 900 mL air tawar. Selanjutnya 100 mL kultur *S. platensis* ditambahkan ke dalam medium tersebut. pH awal medium diatur menjadi 9 menggunakan larutan NaOH 1 M.

2.4 Prosedur Penelitian

Pembiakan *S. platensis* dilakukan selama 2 minggu (14 hari). Volume aktif fotobioreaktor adalah 1000 mL. Setiap 2 hari, sampel cair ± 50 mL diambil untuk dilakukan analisa perubahan kondisi pH dan konsentrasi biomassa. Konsentrasi biomassa ditentukan dengan cara yang sama yang telah dilaporkan oleh penelitian sebelumnya (Syaichurrozi et al., 2022). Kertas saring (W1) digunakan untuk menyaring sampel. Kertas saring dengan biomassa basah dikeringkan di dalam oven dengan selama 4-5 jam temperatur ± 60 °C. Berat kertas saring dengan biomassa kering adalah W2. Maka, konsentrasi biomassa kering dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (1).

$$\text{Berat biomassa} = \frac{W2 - W1}{\text{volume sampel}} \quad (1)$$

Dimana:

W1 = massa kertas saring kosong

W2 = massa kertas saring+biomassa kering

Selanjutnya, biomassa kering dianalisa melalui uji *proximate* untuk mengetahui kandungan biokimia (protein, karbohidrat, lemak).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Produksi Biomassa *S. platensis*

Profil produksi biomassa *S. platensis* selama proses kultivasi dengan sumber nitrogen NaNO₃ dan urea disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 1, pada rentang hari 0-4, jumlah biomassa mengalami sedikit penurunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa *S. platensis* mengalami fase adaptasi (*lag phase*) sehingga sebagian *S. platensis* ada yang mati. Setelah *S. platensis* dapat beradaptasi di lingkungan medium, mikroalga tersebut tumbuh secara eksponensial yang ditunjukkan pada rentang hari 4 sampai dengan hari 10 atau 12. Setelah hari 10 atau 12, biomassa mengalami penurunan yang menunjukkan fase kematian (*death phase*). Kematian mikroalga dapat disebabkan oleh tingginya densitas kultur karena jumlah biomassa yang banyak

sehingga laju penetrasi cahaya menurun sehingga proses fotosintesis terganggu. Ketersediaan nutrisi yang menurun juga dapat menurunkan proses fotosintesis sehingga jumlah biomassa menurun.

Jumlah biomassa tertinggi ditunjukkan pada angka yang di "*bold*" pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, untuk sumber nitrogen berupa NaNO₃, konsentrasi NaNO₃ 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L menghasilkan jumlah biomassa tertinggi masing-masing sebesar 0,6425; 0,6455; 0,6745; 0,5193 g/L yang diperoleh pada hari ke-12, 12, 12, 10. Sementara itu, untuk sumber nitrogen berupa urea, konsentrasi urea 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L menghasilkan jumlah biomassa tertinggi masing-masing sebesar 0,7158; 0,6615; 0,6085; 0,6598 g/L yang diperoleh pada hari ke-12, 10, 12, 10. Berdasarkan data tersebut, urea cenderung menghasilkan biomassa lebih tinggi dibandingkan NaNO₃. *S. platensis* lebih memilih sumber nitrogen yang telah tereduksi dalam bentuk ammonium. Ketika NaNO₃ digunakan sebagai sumber nitrogen, NaNO₃ terurai menjadi ion-ion Na⁺ (Natrium) dan NO₃⁻ (nitrat). Kemudian, mikroalga dapat menggunakan enzim *nitrate reductase* untuk mereduksi NO₃⁻ (nitrat) menjadi NO₂⁻ (nitrit). Selanjutnya, mikroalga menggunakan enzim *nitrite reductase* untuk mereduksi NO₂⁻ (nitrit) menjadi ammonium (Annamalai et al., 2023; Erratt, 2017; Syaichurrozi et al., 2022). Sedangkan ketika urea digunakan sebagai sumber nitrogen, urea diasimilasi oleh enzim *urease* langsung menjadi ammonium dan karbon dioksida (Dhup et al., 2016; Erratt, 2017). Berdasarkan uraian tersebut, mikroalga membutuhkan energi yang lebih sedikit atau rute yang lebih pendek untuk mengkonsumsi urea dibandingkan mengkonsumsi NaNO₃. Selain itu, karbon dioksida yang

dihasilkan dari proses hidrolisis urea oleh enzim *urease* dapat dimanfaatkan sebagai sumber carbon utama untuk proses fotosintesis (Erratt, 2017).

Berdasarkan Tabel 2, biomassa tertinggi diperoleh pada NaNO₃ 2,5 g/L dan urea 0,5 g/L. Konsentrasi NaNO₃ 2,5 g/L merupakan konsentrasi yang disarankan untuk medium kultivasi (Raof et al., 2006). Hasil penelitian ini menegaskan bahwa konsentrasi NaNO₃ paling baik adalah 2,5 g/L. Akan tetapi urea 0,5 g/L menghasilkan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan NaNO₃ 2,5 g/L. Penjelasan terkait fenomena itu telah diuraikan pada paragraph sebelumnya.

Nilai laju pertumbuhan spesifik dan waktu berganda (*double time*) dapat ditentukan melalui persamaan (2) dan persamaan (3).

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

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

Dimana:

- B_{max} = konsentrasi biomassa tertinggi (g/L)
- B_0 = konsentrasi biomassa pada t_0 (g/L)
- μ = laju pertumbuhan spesifik (/hari)
- t_{max} = waktu tercapainya B_{max} (hari)
- t_0 = 0 hari
- t_d = waktu berganda

Tabel 1. Produksi biomassa *S. platensis* pada berbagai jenis dan konsentrasi sumber nitrogen

Hari	Biomassa (g/L)							
	*NaNO ₃ 0,5 g/L	*NaNO ₃ 1,5 g/L	*NaNO ₃ 2,5 g/L	*NaNO ₃ 3,5 g/L	urea 0,5 g/L	urea 1,5 g/L	urea 2,5 g/L	urea 3,5 g/L
0	0.1302	0.1302	0.1302	0.1302	0.1302	0.1302	0.1302	0.1302
2	0.1270	0.1615	0.1395	0.1200	0.0615	0.0945	0.0585	0.0990
4	0.1770	0.1250	0.1095	0.1225	0.1250	0.1145	0.1415	0.1195
6	0.2200	0.1735	0.2005	0.2410	0.1785	0.1395	0.2315	0.2445
8	0.4145	0.3390	0.3425	0.4030	0.3190	0.3240	0.4135	0.3430
10	0.5580	0.5725	0.5973	0.5193	0.6438	0.6615	0.5335	0.6598
12	0.6425	0.6455	0.6745	0.3988	0.7158	0.5498	0.6085	0.6375
14	0.3755	0.3350	0.3115	0.3495	0.2770	0.3170	0.2735	0.2630

Note: *Data telah dipublikasikan oleh (Syaichurrozi et al., 2022)

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan yang menunjukkan laju pertumbuhan spesifik dan waktu berganda pada berbagai jenis dan konsentrasi sumber nitrogen (NaNO₃ dan urea). Laju pertumbuhan spesifik menunjukkan laju pertumbuhan mikroalga per hari. Waktu berganda menunjukkan waktu yang diperlukan oleh mikroalga untuk menggandakan jumlah sel. Dengan kata lain, semakin tinggi waktu berganda maka semakin lama waktu yang diperlukan oleh mikroalga untuk menggandakan

jumlah sel. Berdasarkan Tabel 2, untuk sumber nitrogen NaNO₃, nilai μ tertinggi didapatkan pada konsentrasi 3,5 g/L, sedangkan untuk sumber nitrogen urea, nilai μ tertinggi didapatkan pada konsentrasi 1,5 g/L. Selanjutnya, nilai t_d paling kecil diperoleh pada konsentrasi 3,5 g/L untuk sumber nitrogen NaNO₃ dan 1,5 g/L untuk sumber nitrogen urea. Jika dibandingkan antara NaNO₃ dan urea, sumber nitrogen urea menghasilkan nilai μ lebih tinggi dan t_d lebih kecil. Data ini menunjukkan bahwa urea menghasilkan laju

pertumbuhan spesifik dan waktu berganda yang lebih baik dibandingkan NaNO₃. Hal ini juga dipengaruhi oleh kemudahan mikroalga untuk mengonsumsi urea dibandingkan untuk mengonsumsi NaNO₃. Mikroalga membutuhkan energi yang lebih sedikit atau rute yang lebih

pendek ketika mengonsumsi urea dibandingkan mengonsumsi NaNO₃, dan karbon dioksida yang dihasilkan dari proses hidrolisis urea oleh enzim *urease* dapat dimanfaatkan sebagai sumber carbon utama untuk proses fotosintesis (Erratt, 2017)

Tabel 2. Data biomassa maksimum, laju pertumbuhan spesifik dan waktu berganda

Konsentrasi (g/L)	C:N:P	^a B _{max} (g/L)	^a t _{max} (hari)	^a B ₀ (g/L)	^b μ (/hari)	^c t _d (hari)
Sumber nitrogen NaNO ₃						
0,5	4,8:0,3:1	0,6425	12	0,1302	0,1330	5,2106
1,5	4,8:1:1	0,6455	12	0,1302	0,1334	5,1954
2,5	4,8:1,7:1	0,6745	12	0,1302	0,1371	5,0566
3,5	4,8:2,4:1	0,5193	10	0,1302	0,1383	5,0107
Sumber nitrogen urea						
0,5	5,3:1:1	0,7158	12	0,1302	0,1420	4,8805
1,5	6,1:3,0:1	0,6615	10	0,1302	0,1625	4,2643
2,5	7:4,9:1	0,6085	12	0,1302	0,1285	5,3943
3,5	7,8:6,9:1	0,6598	10	0,1302	0,1623	4,2713

Note: ^a data diambil dari Tabel 1, ^b data dihitung menggunakan persamaan (2), ^c data dihitung menggunakan persamaan (3)

3.2 pH medium

Profil pH medium pada berbagai konsentrasi sumber nitrogen (NaNO₃ dan urea) ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, pH medium mengalami kenaikan dari pH 9 menjadi sekitar pH 10 untuk semua variasi. Peningkatan pH medium disebabkan oleh nutrisi NaHCO₃ yang ditambahkan sebagai sumber karbon. Di dalam cairan, NaHCO₃ terurai menjadi ion Na⁺ dan ion HCO₃⁻ (persamaan 4).



Selanjutnya HCO₃⁻ akan diubah menjadi CO₂ dan OH⁻ (persamaan 5).



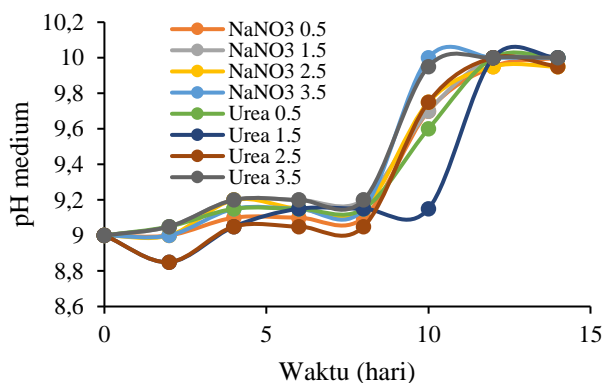
Na⁺ dimanfaatkan sebagai mikronutrien dan CO₂ dimanfaatkan sebagai sumber karbon untuk proses fotosintesis. Akumulasi ion OH⁻ pada medium kultivasi dapat menaikkan level pH medium. Oleh karena itu, pH medium mengalami kenaikan seiring dengan konsumsi nutrisi NaHCO₃ oleh mikroalga selama proses kultivasi (Markou & Georgakakis, 2011; Sumardiono & Sasongko, 2014).

Tabel 3. Kandungan biokimia pada biomassa yang dihasilkan

Konsentrasi sumber nitrogen (g/L)	Kadar (dalam 100% Bahan Kering)				
	Abu (%)	Lemak Kasar (%)	Serat Kasar (%)	Protein Kasar (%)	**Karbohidrat (%)
*Sumber nitrogen NaNO ₃					
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
Sumber nitrogen urea					
0,5	13,21	4,59	11,72	25,86	56,34
1,5	13,07	2,59	10,30	29,04	55,30
2,5	12,99	3,69	10,44	33,52	49,80
3,5	13,01	2,50	10,35	27,63	56,86

Note: *Data telah dipublikasikan oleh (Syaichurrozi et al., 2022), **karbohidrat = 100-(abu+lemak kasar+protein kasar)

Gambar 2 menunjukkan bahwa profil pH medium hampir sama pada konsentrasi 0,5-2,5 g/L baik untuk jenis sumber nitrogen NaNO_3 atau urea. Akan tetapi, pada konsentrasi 3,5 g/L baik untuk NaNO_3 atau urea, pH medium lebih cepat mengalami kenaikan dimana pH sekitar 10 dicapai pada hari ke-10. Sementara itu, pada konsentrasi yang lebih rendah, pH sekitar 10 dicapai pada hari ke-12.



Gambar 2. Profil pH medium. Data pH medium pada NaNO_3 konsentrasi 0,5-3,5 g/L telah dipublikasikan oleh (Syaichurrozi et al., 2022)

Ketika NaNO_3 dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen, NaNO_3 akan terurai terlebih dahulu menjadi Na^+ (natrium) dan NO_3^- (nitrat). Selanjutnya, mikroalga memanfaatkan enzim *nitrate reductase* untuk mereduksi NO_3^- (nitrat) menjadi NO_2^- (nitrit). Selanjutnya, mikroalga menggunakan enzim *nitrite reductase* untuk mereduksi NO_2^- (nitrit) menjadi ammonium. Sedangkan ketika urea dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen, urea akan diubah oleh enzim *urease* menjadi ammonium. Ammonium yang terakumulasi di dalam medium dapat meningkatkan pH level.

3.3 Komposisi biokimia

Komposisi biokimia pada biomassa yang telah dikultivasi ditampilkan pada Tabel 3. Pemanfaatan NaNO_3 sebagai sumber nitrogen menghasilkan biomassa *S. platensis* dengan kandungan protein 28,34-36,98%. Sedangkan pemanfaatan urea sebagai sumber nitrogen menghasilkan biomassa *S. platensis* dengan kandungan protein 25,86-33,52%. Data ini menunjukkan bahwa sumber nitrogen NaNO_3 menghasilkan biomassa dengan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan sumber nitrogen urea. Urea memiliki rumus kimia $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ dimana terdapat unsur karbon (C) sedangkan NaNO_3 tidak mengandung unsur karbon. Semakin banyak konsentrasi karbon di dalam medium menyebabkan kandungan karbohidrat di dalam biomassa semakin meningkat.

Biomassa *S. platensis* yang mengandung protein paling tinggi (36,98%) diperoleh dari proses kultivasi menggunakan sumber nitrogen NaNO_3 dengan konsentrasi 2,5 g/L. Berdasarkan Tabel 3, kenaikan konsentrasi NaNO_3

dari 0,5 menjadi 2,5 g/L berhasil meningkatkan kandungan protein di dalam biomassa dari 33,30 menjadi 36,98 % (Syaichurrozi et al., 2022). Konsentrasi NaNO_3 yang terlalu tinggi yaitu 3,5 g/L justru menghasilkan biomassa dengan kandungan protein yang rendah yaitu 35,52%. Hasil ini menegaskan bahwa konsentrasi NaNO_3 terbaik untuk menghasilkan biomassa dengan kandungan protein tinggi adalah 2,5 g/L sesuai yang disarankan oleh medium Raof.

4. Kesimpulan

Variasi jenis dan konsentrasi sumber nitrogen dilakukan pada studi ini. Jenis sumber nitrogen meliputi NaNO_3 dan urea, sedangkan konsentrasinya divariasikan 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 g/L. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan urea menghasilkan biomassa *S. platensis* lebih banyak dibandingkan penggunaan NaNO_3 . Biomassa tertinggi diperoleh pada konsentrasi NaNO_3 2,5 g/L (biomassa 0,6745 g/L) dan urea 0,5 g/L (biomassa 0,7158 g/L). Secara umum, penggunaan urea menghasilkan laju pertumbuhan spesifik yang lebih besar dan waktu berganda yang lebih singkat dibandingkan penggunaan NaNO_3 . Konsentrasi sumber nitrogen yang tinggi menyebabkan pH medium dapat meningkat lebih cepat karena akumulasi ammonium di dalam medium. Penggunaan NaNO_3 dapat menghasilkan biomassa dengan kandungan protein yang lebih tinggi (28,34-36,98%) dibandingkan penggunaan urea (25,86-33,52%).

Ucapan Terimakasih

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

Daftar Pustaka

- Annamalai, J., Ganesan, S., Murugan, K. & Janjaroen, D. (2023). Recent breakthroughs set by fungal enzymes in the biosynthesis of nanoparticles. *Fungal Cell Factories for Sustainable Nanomaterials Productions and Agricultural Applications*, 131–162. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99922-9.00014-3>
- Budiyono, Syaichurrozi, I., Sumardiono, S. & Sasongko, S. B. (2014). Production of Spirulina platensis Biomass Using Digested Vinasas 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>

- Dhup, S., Kannan, D. C. & Dhawan, V. (2016). Understanding Urea Assimilation and its Effect on Lipid Production and Fatty Acid Composition of *Scenedesmus* Sp. *SOJ Biochemistry*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.15226/2376-4589/2/1/00112>
- Erratt, K. J. (2017). *Urea as an Effective Nitrogen Source for Cyanobacteria*. The University of Western Ontario.
- 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>
- Raof, 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>
- 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), 1631–1638. <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., Jenderal, J., Km, S. & -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>
- Syaichurrozi, Iqbal, Wardalia, W., Dwicahyanto, S. & Toron, Y. S. (2022). Effect of NaNO₃ Concentration in Medium of Raof on Cultivation of *Spirulina Platensis*. *Eksergi*, 19(1), 15–19. <https://doi.org/10.31315/E.V19I1.6581>
- Vonshak, A. (1997). *Spirulina platensis (Arthrospira): physiology, cell-biology, and biotechnology*. 233. <https://www.routledge.com/Spirulina-Platensis-Arthrospira-Physiology-Cell-Biology-And-Biotechnology/Vonshak/p/book/9780748406746>