

Pemberian Pupuk Organik Cair *Duckweed* terhadap Populasi Sel dalam Kultur *Nannochloropsis oculata*

The Application of Duckweed Liquid Organic Fertilizer to Cell Populations in the Culture of *Nannochloropsis oculata*

Nina Ariany¹, Mustahal¹✉, Mas Bayu Syamsunarno¹

¹Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jln. Raya Palka Km 3 Sindangsari, Pabuaran, Kab. Serang, Prov. Banten, 42163

✉correspondent author: mustahal13@gmail.com

Abstrak

Nannochloropsis oculata merupakan salah satu mikroalga bersel satu yang telah umum dikultur pada sektor pembudidayaan ikan laut sebagai pakan zooplankton yang memiliki kandungan nutrisi tinggi. Untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangbiakannya, ketersediaan nutrisi dalam media kultur *N. oculata* perlu diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) *duckweed* (*L. minor*) terbaik terhadap pertumbuhan populasi sel dalam kultur *N. oculata*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan yaitu P0 (TSP 10 mg + ZA 40 mg + urea 45 mg) sebagai perlakuan kontrol, P1 (POC *duckweed* 5%), P2 (POC *duckweed* 10%), P3 (POC *duckweed* 15%), dan P4 (POC *duckweed* 20%) diulang sebanyak 3 kali pada masing-masing perlakuan. Kepadatan awal sel *N. oculata* yaitu 2×10^6 sel/ml dalam volume media kultur 1000 ml, diamati pertumbuhannya setiap hari selama 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi POC *duckweed* 10% dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik (TSP, ZA, dan urea) karena dapat meningkatkan pertumbuhan populasi sel sebanyak $30,92 \pm 1,84 \times 10^6$ sel/ml pada puncak fase eksponensial, serta nilai laju pertumbuhan sel $0,38 \pm 0,03$ sel/ml/hari dan waktu generasi sel $43,88 \pm 3,24$ jam yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan P0 (TSP, ZA, dan urea). Kisaran parameter kualitas air dalam media kultur selama penelitian yaitu suhu 25-33°C, pH 4,89-8,40, salinitas 25-38,33 ppt, dan DO 4,07-7,27 ml/l. Nilai kualitas air dalam media kultur yang terukur masih dalam batas toleransi sel *N. oculata* sehingga sel masih dapat tumbuh dan membelah.

Kata kunci: *Duckweed*; *Nannochloropsis oculata*; POC *duckweed*; pertumbuhan populasi sel

Abstract

Nannochloropsis oculata is one of the single-celled microalgae that has been commonly cultured in the marine fish culture sector as zooplankton feed which has high nutritional content. To support growth and reproduction, the availability of nutrients in *N. oculata* culture media needs to be considered. This study aims to determine the effect of the best liquid organic fertilizer (POC) *duckweed* (*L. minor*) on cell population growth in *N. oculata* culture. The method used in this research is an experimental method using Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments, namely P0 (TSP 10 mg + ZA 40 mg + urea 45 mg) as a control treatment, P1 (POC *duckweed* 5%), P2 (POC *duckweed* 10%), P3 (POC *duckweed* 15%), and P4 (POC *duckweed* 20%) were repeated 3 times in each treatment. The initial density of *N. oculata* cells was 2×10^6 cells.ml⁻¹ in a culture media volume of 1000 ml. Growth was observed every day for 14 days. The results showed that the POC concentration of 10% *duckweed* can be used as an alternative to inorganic fertilizers (TSP, ZA, and urea) because it can increase cell population growth by $30,92 \pm 1,84 \times 10^6$ cells.ml⁻¹ at the peak of the exponential phase, as well as the value of the growth rate cells $0,38 \pm 0,03$ cells.ml⁻¹.day⁻¹ and cell generation time of $43,88 \pm 3,24$ hours were not significantly different ($p > 0,05$) with P0 treatment (TSP, ZA, and urea). The range of water quality parameters in the culture media during the study were temperature 25-33°C, pH 4,89-8,40, salinity 25-38,33 ppt, and DO 4,07-7,27 ml.l⁻¹. The measured value of water quality in culture media was still within the tolerance limits of *N. oculata* cells so that cells could still grow and divide.

Keywords: Cell population growth; *Duckweed*; *Nannochloropsis oculata*; POC *duckweed*

Pendahuluan

Keberhasilan dalam sektor pembenihan organisme akuatik tergantung pada aksesibilitas pakan benih yang konsisten dan memadai pada waktu yang bersamaan, baik kualitas maupun jumlahnya (Nisa *et al.*, 2020). Ketersediaan pakan dalam kegiatan pembenihan ikan sangatlah dibutuhkan khususnya pakan alami. Pakan alami memiliki keunggulan dibandingkan pakan buatan terutama dilihat dari komposisi nutrisi yang tinggi dan dampaknya terhadap kualitas air. *Nannochloropsis oculata* merupakan salah satu mikroalga dari golongan fitoplankton yang digunakan sebagai pakan alami.

N. oculata telah banyak digunakan sebagai pakan pada stadia awal pembenihan organisme akuatik dan umumnya dibudidayakan baik sebagai pakan zooplankton seperti rotifera, larva udang maupun sebagai pakan larva pada berbagai pembenihan ikan (Arfah *et al.*, 2019). Mikroalga ini memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi yaitu kandungan protein 50-55%, lemak 28,3%, klorofil- α 0,05%, dan karbohidrat 16%, (Paes *et al.*, 2016), serta pertumbuhan yang cepat, dikarenakan *N. oculata* mudah dikultivasi dan dalam waktu 24 jam mikroalga ini dapat bertambah banyak menjadi dua kali lipat.

Pertumbuhan *N. oculata* sangat dipengaruhi oleh tingginya unsur nutrisi dalam media kultur yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Pupuk sebagai sumber nutrisi yang diberikan dalam kultur *N. oculata* biasanya menggunakan pupuk anorganik (urea, TSP, dan ZA) (Ahmadi *et al.*, 2019). Penggunaan pupuk anorganik berlebihan ini menghasilkan residu berupa limbah yang dapat mencemari sekaligus membahayakan organisme perairan. Oleh karena itu, perlu alternatif pemakaian pupuk organik yang memiliki unsur nutrisi sesuai untuk pertumbuhan *N. oculata* serta tidak berbahaya bagi ekosistem perairan dengan biaya yang relatif murah dan mudah diperoleh.

Salah satu alternatifnya yaitu menggunakan pupuk organik cair (POC) dari tumbuhan air, antara lain tumbuhan *duckweed* (*Lemna minor*). *Duckweed* memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi yaitu unsur N sebanyak 0,8-7,8% dan P sebanyak 0,03-2,8% dari total berat keringnya serta beberapa kandungan nutrisi lainnya, telah memenuhi kebutuhan nutrisi dalam media kultur *N. oculata* dan diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan sel mikroalga ini (Astrid *et al.*, 2013).

Hasil penelitian pemanfaatan POC tanaman *duckweed* pada media kultur mikroalga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik dan meningkatkan pertumbuhan mikroalga. Pada penelitian Indriana *et al.*, (2020) menunjukkan konsentrasi

POC lemna 5% dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk komersial media f/2 yang memberikan hasil berat kering dan produktivitas yang sedikit lebih tinggi pada hari ke-6 dan ke-8 dengan nilai berturut-turut yaitu 3,33 g/l dan 0,580 g/l dari konsentrasi lainnya, serta produksi biomassa pada hari ke-8 dengan nilai 14×10^4 sel/ml. Selanjutnya Astrid *et al.* (2013) menyatakan bahwa konsentrasi pupuk *L. minor* 0,75 ml/l merupakan konsentrasi optimal yang dapat menghasilkan populasi *D. salina* tertinggi sebesar $36,18 \times 10^4$ sel/ml pada hari ke-5. Namun demikian, belum diketahui pengaruh pemberian POC *duckweed* terhadap pertumbuhan populasi sel pada kultur mikroalga *N. oculata*. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk menentukan pemberian POC *duckweed* (*L. minor*) terbaik terhadap pertumbuhan populasi sel dalam kultur *N. oculata*.

Bahan dan Metode

Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bibit stater mikroalga *N. oculata* yang diperoleh dari Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, tanaman *duckweed* segar yang diperoleh dari pembudidaya *duckweed* di Periuk, Kota Tangerang-Banten, dan pupuk anorganik (TSP, ZA, urea).

Tahapan Penelitian

1. Sterilisasi Alat dan Media Kultur

Sterilisasi alat mengacu pada Rahmadan (2019), yaitu peralatan yang terbuat dari kaca dicuci bersih kemudian dikeringkan dan dibungkus dengan kertas buram. Selanjutnya disterilisasi menggunakan *autoclave* bersuhu 121°C (15-20 menit). Sterilisasi peralatan kaca berukuran besar dan peralatan non kaca dilakukan perendaman menggunakan klorin yang dilarutkan dalam air (masing-masing 150 mg/l dan 20 mg/l) selama 24 jam. Setelah itu dibilas menggunakan air tawar dan dikeringkan. Sterilisasi media kultur mengacu pada Indriana *et al.* (2020), yaitu air laut bersalinitas 30 ppt (Ermavitalini *et al.*, 2019) disaring dan disterilkan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C (30 menit). Apabila terjadi kenaikan salinitas, dilakukan pengenceran dengan menambahkan air tawar steril menggunakan rumus Arrokhman *et al.* (2012) :

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

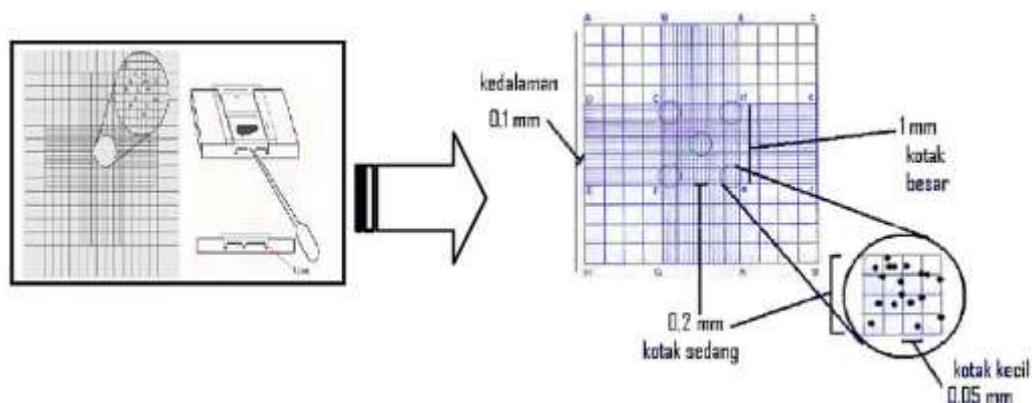
Keterangan : V_1 = Volume air laut (ml); N_1 = Salinitas air laut awal (ppt); V_2 = Volume total air media yang dikehendaki (ml); N_2 = Salinitas air yang dikehendaki (ppt)

2. Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) *Duckweed*

Proses ini mengacu pada prosedur Indriana *et al.* (2020), yaitu *duckweed* segar dicuci bersih, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Setelah kering, *duckweed* dihaluskan, setelah itu ditimbang sebanyak 200 g dan dilarutkan dalam akuades 1000 ml, gula pasir sebanyak 20 g, serta EM4 (probiotik) sebanyak 20 ml. Kemudian dilakukan proses fermentasi selama 7 hari secara anaerob. Pupuk *duckweed* fermentasi selanjutnya disaring untuk mendapatkan pupuk dalam bentuk cair kedalam erlenmeyer 1000 ml dan disterilkan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C (30 menit). POC *duckweed* ditiriskan kemudian disaring kembali untuk memisahkan serat *duckweed* yang masih mengendap.

3. Inokulasi dan Kultur Bibit *N. oculata*

Inokulan *N. oculata* dihitung menggunakan *haemocytometer* (Gambar 1) dengan alat bantu *hand counter*. Leksono *et al.* (2017) menjelaskan, *haemocytometer* dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan dikeringkan, lalu ditutup dengan *cover glass*. Bibit *N. oculata* diambil menggunakan pipet tetes dan dimasukkan kedalam *haemocytometer* pada bagian parit melintang, satu tetes diasumsikan mewakili 1 ml. Selanjutnya diamati dibawah mikroskop menggunakan perbesaran 10 x 10, dicari bidang berkotak-kotak yang memiliki sisi 1 mm. Setiap sel yang terhitung dikalikan 10^4 . Nilai kepadatan *N. oculata* dihitung berdasarkan Arfah *et al.* (2019).



(Sumber : Ochtreani *et al.*, 2014)

Gambar 1. *Haemocytometer*.

Selanjutnya menentukan volume inokulum *N. oculata* yang dibutuhkan. Kepadatan awal yang digunakan mengacu pada Muhklis *et al.* (2017) yaitu sebanyak 2×10^6 sel/ml. Untuk menentukan volume biakan *N. oculata* yang ditambahkan menggunakan rumus yang mengacu pada Yulina *et al.* (2020), sebagai berikut :

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

Keterangan : V_1 = Volume stater *N. oculata* yang dibutuhkan (ml); N_1 = Kepadatan sel stok bibit (sel/ml); V_2 = Volume media kultur yang dikehendaki (ml); N_2 = Kepadatan sel awal yang dikehendaki (2×10^6 sel/ml)

Media kultur yang digunakan bervolume 1000 ml (Juniantari *et al.*, 2015). Tahap persiapan kultur dilakukan dengan mencampurkan air laut steril bersalinitas 30 ppt, kemudian menambahkan pupuk sesuai perlakuan, dan inokulum *N. oculata* dengan kepadatan awal 2×10^6 sel/ml yang telah dihitung volumenya. *N. oculata* dikultur selama 14 hari (Maynardo *et al.*, 2015). Menggunakan fotoperiode 16 jam terang dan 8 jam gelap (Ermavitalini *et al.*, 2019). Pencahayaan pada media kultur menggunakan lampu *tubular lamp* (TL) berdaya 40 Watt dengan intensitas cahaya berkisar 4.500 lux (Nisa *et al.* 2020).

Parameter Pengamatan

1. Perhitungan kepadatan sel (N) (Arfah *et al.*, 2019), dihitung menggunakan *haemocytometer* dengan perhitungan 5 titik *sampling* pada kotak sedang.

$$N = \left(\frac{n}{5}\right) \times 25 \times 10^4$$

Keterangan: N = Kepadatan sel (sel/ml); n = Jumlah seluruh amatan sel di *haemocytometer*; 25 = Jumlah chamber sedang; 5 = Titik *sampling* pengambilan data; 10^4 = Volume kotak (ml)

2. Laju pertumbuhan spesifik sel (*specific growth rate*, μ) (Durmaz dan Ebil, 2017)

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{T_t - T_0}$$

Keterangan : μ = Laju pertumbuhan spesifik sel (sel/ml/hari); N_t = Populasi sel pada puncak fase eksponensial (sel/ml); N_0 = Populasi sel pada awal kultur (sel/ml); T_t = Waktu pengamatan pada puncak fase eksponensial (hari); T_0 = Waktu awal kultivasi (hari)

3. Perhitungan waktu generasi sel (*double time*, DT) (Mukhlis *et al.*, 2017)

$$DT = \frac{\text{Log (2)} \times \Delta t}{(\text{Log } C_t - \text{Log } C_0)}$$

Keterangan: DT = Waktu generasi sel (jam); C_t = Populasi sel pada puncak fase eksponensial (sel/ml); C_0 = Populasi sel pada awal kultur (sel/ml); Δt = Lama waktu untuk mencapai puncak fase eksponensial (jam)

4. Kualitas Air Media Kultur

Pengontrolan kualitas air pada media kultur *N. oculata* dilakukan setiap hari selama masa kultur, parameter kualitas air yang diukur yaitu suhu, pH, salinitas, dan DO (Jadid *et al.*, 2017).

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan didesain dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu : P0 (Kontrol) = Pupuk (TSP 10 mg + ZA 40 mg + urea 45 mg) per 1000 ml air laut (Arfah *et al.*, 2019), P1 = 5% POC *duckweed* per 1000 ml air laut, P2 = 10% POC *duckweed* per 1000 ml air laut, P3 = 15% POC *duckweed* per 1000 ml air laut, P4 = 20% POC *duckweed* per 1000 ml air laut (Indriana *et al.*, 2020).

Analisis Data

Analisis terhadap data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui tingkat signifikansi pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan populasi *N. oculata*. Jika hasilnya berbeda nyata ($p < 0,05$), maka diuji lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) (Kusriningrum 2010). Keseluruhan analisis statistik dilakukan dengan program SPSS versi 23 dan penyajian grafik menggunakan *Microsoft Excel* 2019.

Hasil dan Pembahasan

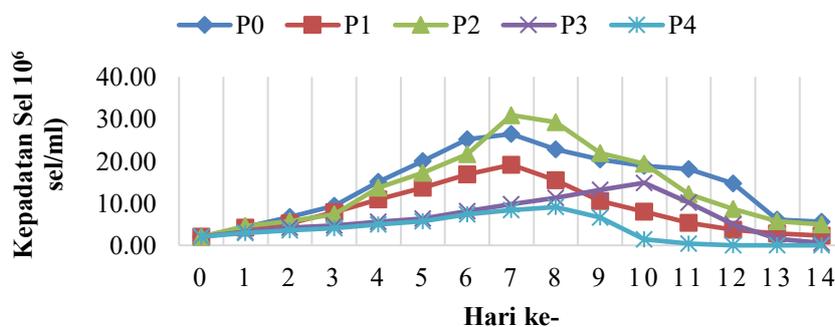
Pertumbuhan Populasi Sel *Nannochloropsis oculata*

Pertumbuhan populasi sel *N. oculata* diamati dan dihitung setiap hari selama 14 hari. Data rata-rata pertumbuhan populasi tersaji pada Tabel 1 dan kurva pertumbuhan *N. oculata* tersaji pada Gambar 2.

Tabel 1. Rata-rata Pertumbuhan Populasi Sel *N. oculata*

Masa Kultur	Kepadatan Sel (Rata-rata±SDx10 ⁶ sel/ml)				
	P0	P1	P2	P3	P4
Hari ke-0	2,00±0,00	2,00±0,00	2,00±0,00	2,00±0,00	2,00±0,00
Hari ke-1	4,35±0,05 ^b	4,25±0,05 ^b	4,57±0,12 ^a	3,20±0,10 ^c	2,95±0,13 ^d
Hari ke-2	6,75±0,50 ^a	5,20±0,25 ^b	5,75±0,15 ^b	4,23±0,43 ^c	3,53±0,40 ^d
Hari ke-3	9,35±0,50 ^a	7,87±0,63 ^b	7,37±0,78 ^b	4,70±0,65 ^c	4,13±0,48 ^c
Hari ke-4	15,10±2,45 ^a	10,88±2,23 ^b	13,68±1,01 ^{ab}	5,64±0,07 ^c	4,93±0,78 ^c
Hari ke-5	20,03±0,68 ^a	13,65±1,95 ^b	17,22±3,08 ^a	6,37±0,13 ^c	5,73±0,75 ^c
Hari ke-6	25,20±4,15 ^a	16,87±1,13 ^b	21,60±5,65 ^{ab}	8,15±0,05 ^c	7,35±0,48 ^c
Hari ke-7	26,43±6,32 ^a	19,13±0,41 ^b	30,92±1,84 ^a	9,77±0,18 ^c	8,38±0,93 ^c
Hari ke-8	22,83±3,53 ^b	15,45±3,70 ^c	29,25±3,45 ^a	11,27±0,83 ^{cd}	9,08±0,73 ^d
Hari ke-9	20,37±1,13 ^a	10,50±1,55 ^c	21,90±4,60 ^a	13,15±0,18 ^b	6,57±0,23 ^d
Hari ke-10	18,90±1,55 ^a	8,05±3,20 ^b	19,35±6,35 ^a	14,85±0,30 ^a	1,43±0,28 ^c
Hari ke-11	18,05±1,85 ^a	5,31±2,54 ^c	12,15±4,75 ^b	10,15±0,43 ^b	0,45±0,13 ^d
Hari ke-12	14,70±1,00 ^a	3,65±1,10 ^c	8,57±1,88 ^b	5,02±1,08 ^c	0,00±0,00 ^d
Hari ke-13	6,10±1,59 ^a	2,76±0,36 ^b	5,68±0,28 ^a	1,58±0,55 ^c	0,00±0,00 ^d
Hari ke-14	5,53±0,18 ^a	2,33±0,63 ^b	5,00±0,05 ^a	0,57±0,50 ^c	0,00±0,00 ^c

Keterangan : SD = Standar Deviasi *superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Gambar 2. Kurva pertumbuhan *N. oculata* hasil penelitian.

Data pertumbuhan populasi sel *N. oculata* setelah dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) menunjukkan perlakuan POC *duckweed* dengan konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap pertumbuhan populasi sel *N. oculata*. Pertumbuhan populasi tertinggi dapat dilihat dari fase puncak pertumbuhan dengan kepadatan maksimum rata-rata untuk perlakuan P0 sebanyak $26,43 \pm 6,32 \times 10^6$ sel/ml, P1 sebanyak $19,13 \pm 0,41 \times 10^6$ sel/ml, P2 sebanyak $30,92 \pm 1,84 \times 10^6$ sel/ml, P3 sebanyak $14,85 \pm 0,30 \times 10^6$ sel/ml, dan P4 sebanyak $9,08 \pm 0,73 \times 10^6$ sel/ml. Pertumbuhan populasi tertinggi yaitu pada perlakuan P2 sebanyak $30,92 \pm 1,84 \times 10^6$ sel/ml.

Nutrien yang berperan besar pada pertumbuhan *N. oculata* adalah nitrogen (N) dan fosfor (P). Fery *et al.* (2020) menjelaskan, unsur N dalam media kultur berfungsi sebagai pembentuk protein, lemak, dan klorofil. Arfah *et al.* (2019) menambahkan, unsur P

merupakan salah satu makronutrien utama dalam proses metabolisme sel sebagai pembentuk berbagai komponen struktural dan fungsional yang diperlukan oleh sel untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroalga.

Perlakuan P2 memiliki pertumbuhan paling baik dibandingkan dengan perlakuan P1, P3, dan P4. Hal ini diduga nutrisi pada perlakuan P2 dapat diserap dengan baik dan berada pada konsentrasi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan sel *N. oculata* dibandingkan perlakuan P1. Pada perlakuan P3 dan P4, pemberian POC *duckweed* kurang dapat dioptimalkan dengan baik oleh sel-sel *N. oculata*, diduga karena konsentrasi nutrisi pada media kultur melebihi kebutuhan sel sehingga pertumbuhan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan perlakuan P2 dan P1. Arfah *et al.* (2019) mengemukakan bahwa penggunaan nutrisi dalam medium kultur mikroalga memiliki batas maksimum yang dapat diserap oleh sel, apabila melebihi batas maksimumnya maka akan terjadi penghambatan proses biosintesis terutama biosintesis protein.

Perlakuan P0 memiliki pertumbuhan populasi sel lebih rendah dari perlakuan P2, diduga karena P0 (pupuk anorganik TSP, ZA, dan urea) tidak memiliki kandungan unsur hara mikro yang dapat menunjang proses pembelahan sel *N. oculata*. Pernyataan ini didukung oleh Susanto (2002) yang menjelaskan bahwa pemakaian pupuk organik pada dasarnya memiliki kelebihan yang lebih unggul selain kandungan unsur N, P, dan K, pupuk organik juga mengandung unsur hara lain yang melengkapi kebutuhan nutrisi untuk menunjang pertumbuhan mikroalga.

Kurva pertumbuhan populasi *N. oculata* (Gambar 2) menunjukkan pertumbuhan sel yang terdiri dari fase adaptasi (*lag phase*), fase eksponensial (*logarithmic phase*), dan fase kematian (*death phase*). Fase adaptasi pada perlakuan P0 dimulai dari hari pertama hingga hari ke-2. P1, P2, dan P3 mengalami fase adaptasi dari hari pertama hingga hari ke-3. Sedangkan P4 mengalami fase adaptasi dari hari pertama hingga hari ke-4. Proses adaptasi yang berbeda pada setiap perlakuan diduga karena perbedaan pemberian konsentrasi pada media kultur. Pada fase ini sel *N. oculata* mengalami penyesuaian diri dengan media barunya, seperti pernyataan Kurniastuty (1995) pada masa penyesuaian diri (adaptasi) mikroalga mengalami metabolisme dalam selnya, akan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga belum terdapat peningkatan dalam populasi sel.

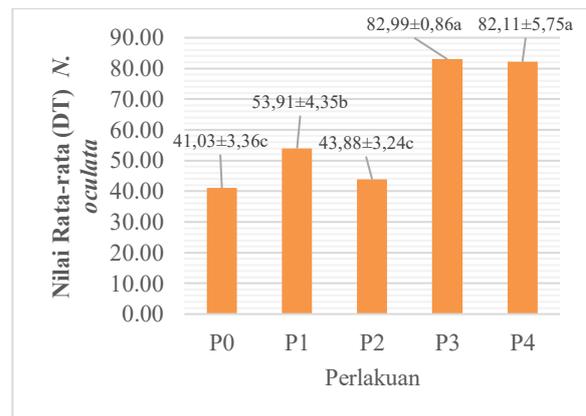
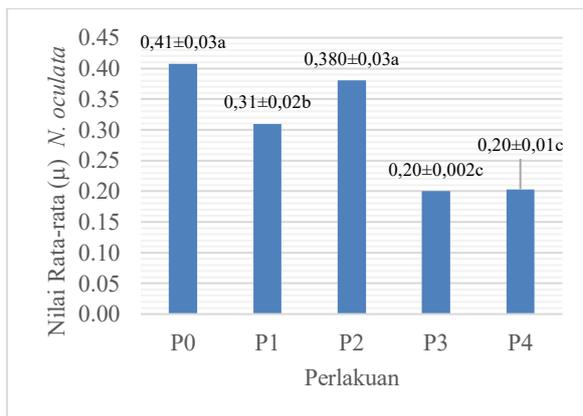
Fase eksponensial pada perlakuan P0 dimulai pada hari ke-3 hingga hari ke-7. P1 dan P2 mengalami fase eksponensial pada hari ke-4 hingga hari ke-7. P3 mengalami fase eksponensial pada hari ke-4 hingga hari ke-10. Sedangkan P4 mengalami fase eksponensial pada hari ke-5 hingga hari ke-8. Fase eksponensial yang berbeda pada masing-masing

perlakuan diduga karena adanya perbedaan selang waktu pada fase adaptasi dimana pada perlakuan dengan konsentrasi pemberian POC *ducweed* yang tinggi (P3 dan P4) sehingga memiliki kandungan nutrisi yang lebih banyak, mengakibatkan sel mikroalga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk beradaptasi terhadap media kultur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Afriza *et al.* (2015), bahwa konsentrasi nutrisi yang terlalu tinggi membuat nutrisi itu sendiri sulit untuk diserap oleh sel mikroalga. Wibowo *et al.* (2017) menyatakan bahwa fase logaritmik (eksponensial) ditandai dengan terjadinya pembelahan sel dan laju pertumbuhan yang terus meningkat, fase logaritmik terjadi sampai pertumbuhan populasi sel mencapai puncak maksimalnya.

Fase kematian terjadi pada setiap perlakuan P0, P1, P2, P3, dan P4 setelah melalui fase eksponensial yang ditandai dengan menurunnya kurva pertumbuhan *N. oculata*. Arfah *et al.* (2019) menjelaskan fase kematian ditandai dengan populasi sel yang memiliki pola pertumbuhan cenderung menurun secara konstan. Ru'yatin *et al.* (2015) menambahkan, pada fase ini mikroalga memperebutkan ruang pada media kultur serta terjadi penurunan nutrisi dalam media kultur secara signifikan karena tidak dilakukan penambahan nutrisi.

Laju Pertumbuhan Spesifik Sel (μ) dan Waktu Generasi Sel (DT) *N. oculata*

Grafik rata-rata laju pertumbuhan spesifik sel (μ) *N. oculata* disajikan pada Gambar 3, sedangkan kurva rata-rata waktu generasi sel (DT) *N. oculata* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik rata-rata laju pertumbuhan spesifik sel (μ) *N. oculata*.

Gambar 4. Grafik rata-rata waktu generasi sel (DT) *N. oculata*.

Nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik sel *N. oculata* (Gambar 3) tertinggi terdapat pada perlakuan P0 dengan nilai 0,41 sel/ml/hari selanjutnya berturut-turut P2, P1, P4 dan P3 dengan nilai 0,38 sel/ml/hari; 0,31 sel/ml/hari; 0,20 sel/ml/hari dan 0,20 sel/ml/hari. Sedangkan nilai rata-rata waktu generasi sel *N. oculata* (Gambar 4) tersingkat terdapat

pada perlakuan P0 dengan nilai 41,03 jam selanjutnya berturut-turut P2, P1, P4 dan P3 dengan nilai 43,88 jam; 53,91 jam; 82,11 jam dan 82,99 jam. Data laju pertumbuhan spesifik sel dan waktu generasi sel *N. oculata* setelah dihitung menggunakan analisis sidik ragam (*Analysis of Variance*, ANOVA) menunjukkan pemberian perlakuan POC *duckweed* yang berbeda memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan spesifik sel *N. oculata* dan waktu generasi sel *N. oculata*. Hasil uji lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menunjukkan perlakuan P2 berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan P1, P3, dan P4 namun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan perlakuan P0.

Hasil penelitian ini menunjukkan laju pertumbuhan spesifik sel memiliki korelasi positif dengan pertumbuhan populasi sel namun memiliki korelasi negatif dengan waktu generasi sel. Waktu generasi sel yang singkat menghasilkan laju pertumbuhan dan kepadatan sel yang tinggi. Perlakuan P2 memiliki hasil terbaik dibandingkan perlakuan P1, P3, dan P4 namun P0 memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan P2.

Nutrien yang terdapat pada POC *duckweed* menjadi salah satu faktor yang berpengaruh pada aktivitas metabolisme. Kandungan unsur hara N dan P POC *duckweed* yang disebutkan dalam penelitian Indriana *et al.* (2020) yaitu sebesar 22.500 mg/l dan 46.200 mg/l, kandungan unsur hara ini masih dalam kondisi normal untuk pertumbuhan *N. oculata*. Boroh (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pertumbuhan fitoplankton akan melimpah ketika kadar nitrat dalam media hidup fitoplankton mencapai 3-15,5 mg/l dan kadar fosfat 0,27-5,5 mg/l.

Laju pertumbuhan spesifik tertinggi terdapat pada perlakuan P0 sedangkan laju pertumbuhan spesifik terendah terdapat pada perlakuan P3. Pada penelitian ini memiliki nilai laju pertumbuhan spesifik lebih baik dibandingkan dengan penelitian Indriana *et al.* (2020) yang memperoleh hasil laju pertumbuhan spesifik tertinggi pada perlakuan f/2 dengan nilai 0,360/hari. Hal ini diduga karena mikroalga *N. oculata* dapat menyerap nutrisi dalam pupuk lebih cepat dibandingkan dengan mikroalga *Chlorella vulgaris*, seperti yang dibuktikan dalam penelitian Jadid *et al.* (2017) bahwa *Nannochloropsis* sp. mampu beradaptasi dalam media kultur buatan pada hari ke-0 yang menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. cepat menyesuaikan diri terhadap media kultur yang baru.

Nilai waktu generasi sel pada penelitian ini lebih lama dibandingkan dengan penelitian Viqran *et al.* (2018) yang memperoleh hasil waktu generasi sel tercepat yaitu pada perlakuan Guano 0,100 g/l dengan nilai 36,76 jam. Perbedaan ini diduga karena waktu generasi sel dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Suriawiria (1986) waktu generasi sel dapat dipengaruhi oleh faktor biologi seperti bentuk dan sifat jasad

mikroalga, dan faktor non biologi seperti kandungan nutrisi, cahaya, serta suhu pada media kultur.

Menurut Fery *et al.* (2020), nilai dari laju pertumbuhan dapat dijadikan sebagai standar untuk mengetahui kesesuaian media terhadap pertumbuhan *N. oculata* semakin cepat laju pertumbuhan maka semakin baik kesesuaian media pupuk terhadap pertumbuhan populasi sel tersebut. Afriza *et al.* (2015) menambahkan, waktu generasi yang lebih singkat menunjukkan pertumbuhan populasi lebih cepat, hal ini dikarenakan waktu yang diperlukan mikroalga untuk pembelahan sel lebih singkat sehingga untuk mencapai kepadatan maksimum lebih cepat.

Kualitas Air Media Kultur *Nannochloropsis oculata*

Kisaran nilai kualitas air selama penelitian yaitu suhu 25°C-33°C, pH 4,89-8,40, salinitas 25-38,33 ppt, dan DO 4,07-7,27 ml/l (Tabel 2). Dari hasil penelitian ini menunjukkan kualitas air media kultur dengan penambahan pupuk dari masing-masing perlakuan masih dalam batas toleransi sel *N. oculata* sehingga sel mikroalga ini masih dapat bereproduksi dan tumbuh. Namun demikian, penambahan POC *duckweed* sangat berpengaruh pada kadar derajat keasaman (pH) media kultur. Semakin tinggi konsentrasi yang ditambahkan kedalam media, maka semakin rendah nilai pH pada media kultur tersebut. Rendahnya kadar pH pada POC *duckweed* disebabkan adanya proses fermentasi pada pembuatan pupuk, Fadilah *et al.* (2018) menjelaskan bahwa selama proses fermentasi akan menghasilkan gas CO₂ terlarut yang bersifat asam (H₂CO₃).

Tabel 2. Baku mutu pengukuran kualitas air dalam kultur *N. oculata*

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran	Baku Mutu
1.	Suhu	°C	25-33	25-32*
2.	pH	-	4,89-8,40	7-9*
3.	Salinitas	mg/l	25-38,33	25-35**
4.	DO	mg/l	4,07-7,27	Minimal 5*

Keterangan:* Berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan KEPMEN LH No. 51 (2004);

**Widyaningrum *et al.* (2013)

Kualitas air memegang peran penting dalam proses kultur *N. oculata*, karena selain faktor nutrisi yang terdapat dalam media kultur, pertumbuhan *N. oculata* juga dipengaruhi oleh kualitas air. Seperti yang dinyatakan oleh Ahmadi *et al.* (2019) kualitas air yang tidak sesuai dalam media kultur mikroalga akan menghambat metabolisme sel yang mengakibatkan sel mikroalga sulit membelah.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi POC *duckweed* 10% dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik (TSP, ZA, dan urea) karena dapat meningkatkan pertumbuhan populasi sel sebanyak $30,92 \pm 1,84 \times 10^6$ sel/ml pada puncak fase eksponensial, serta nilai laju pertumbuhan sel $0,38 \pm 0,03$ sel/ml/hari dan waktu generasi sel $43,88 \pm 3,24$ jam yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan P0 (TSP, ZA, dan urea).

Daftar Pustaka

- Afriza, Z., G. Diansyah, dan AI. Sunaryo. (2015). Pengaruh Pemberian Pupuk Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) dengan Dosis Berbeda Terhadap Kepadatan Sel dan Laju Pertumbuhan *Porphyridium* sp. pada Kultur Fitoplankton Skala Laboratorium. *Maspari Journal*. 7(2): 33-40.
- Ahmadi, M., D. Ferdiansyah., dan Endang T.W. (2019). Pengaruh Penggunaan Pupuk Cair *Azolla pinnata* terhadap Kepadatan *Spirulina* sp. pada Kultur Skala Intermediate. Prosiding SEMNASDAL (Seminar Nasional Sumber Daya Lokal) II. Prodi Ilmu Perikanan Fakultas Pertanian UIM Pamekasan. 100-109 hlm.
- Arfah, Y., Nunik C., dan Alis M. (2019). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Populasi Sel *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Kelautan*. 12(1): 45-51.
- Arrokhman, S., Nurlita A., dan Dewi H. (2012). Survival Rate Ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) dalam Media Pemeliharaan Menggunakan Rekayasa Salinitas. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(1): 32-35.
- Astrid, T.S., Rahardja B.S., dan Masithah E.D. (2013). Pengaruh Konsentrasi Pupuk *Lemna minor* terhadap Populasi *Dunaliella salina*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 5(1): 61-66.
- Boroh, R. (2012). Pengaruh Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Beberapa Kombinasi Media Kultur. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Makassar. 53 hlm.
- Durmaz, Y., and Erbil G.C. (2017). Effect of Light Path Length of Tubes on Growth Rate of *Nannochloropsis oculata* Using Industrial Scale Tubular Photobioreactor in the Marine Hatchery. *Fresenius Environmental Bulletin*. 26(7): 4783-4789.
- Ermavitalini, D., Sumarni D., Sri N., dan Triono B. S. (2019). Pengaruh Kombinasi Cekaman Nitrogen dan Fotoperiode terhadap Biomassa, Kandungan Kualitatif Triasilgliserol dan Profil Asam Lemak Mikroalga *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Akta Kimia Indonesia*. 4(1): 32-49.
- Fadilah, Umi., I Made Mahaputra Wijaya, dan N. Semadi Antara. (2018). Studi Pengaruh pH awal Media dan Lama Fermentasi pada Proses Produksi Etanol dari Hidrolisis Tepung Biji Nangka dengan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *e-Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 6(2): 92-102.
- Fery, R.A., Syafruddin N., dan Sofyan H.S. (2020). The Effect of Ammonium Sulphate (ZA) Fertilizer Concentration on the Growth of Microalga Population (*Nannochloropsis oculata*). *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 3(2): 94-102.

- Indriana, N., Wa I., M. Idris., Ruslaini., L.O Baytul A., dan L.O. Muhammad A. (2020). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Lemna (*Lemna minor*) yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*. Jurnal Ilmiah Jurusan Budidaya Perairan. 5(1): 1-12.
- Jadid, R., Irma D., dan Nurfadillah. (2017). Penambahan Air Kelapa pada Media Pertumbuhan Populasi *Nannochloropsis* sp. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. 2(1): 113-118.
- Juniantari, N.K.E., A.A.Md. Dewi A., dan Ida B.W.G. (2015). Pengaruh Jenis Media terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri. 3(2): 1-9.
- KEPMEN LH [Keputusan Menteri Lingkungan Hidup]. (2004). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut. Jakarta. 13 hlm.
- Kurniastuty, J.D. (1995). Kepadatan Populasi Alga *Dunaliella* sp. pada Media Kultur yang Berbeda. Lampung: Balai Budidaya Laut. Buletin Budidaya Laut No 9.
- Kusriningrum, R.S. 2010. Perancangan Percobaan. Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair. Surabaya. 274 hlm.
- Leksono, A.W., Dian M., dan Indah A.Y. (2107). Penggunaan Pupuk Organik Cair Hasil Fermentasi dari *Azolla pinnata* terhadap Kepadatan Sel *Spirulina* sp. Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan. 12(1): 56-65.
- Maynardo, J.J., Veena D., Jeevan R.R., and Rajesh R. (2015). The Optimization of Light Intensity and Drying Temperature on Lipid Content of Microalgae *Nannochloropsis oculata*. Journal of Engineering Science and Technology. 1(2): 112-121.
- Mukhlis, A., Zaenal A., Abidin, dan Ibadur R. (2017). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Ammonium Sulfat terhadap Pertumbuhan Populasi Sel *Nannochloropsis* sp. Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi. 3(3): 149-155.
- Nisa, K., Saberina H., dan Syarifriadiman. (2020). Pengaruh salinitas Berbeda terhadap Kepadatan dan Kandungan Karotenoid *Dunaliella salina*. Jurnal Perikanan dan Kelautan. 24(1): 27-35.
- Nurfadillah., Damar, A., dan Adiwilaga, E. M. (2012). Komunitas Fitoplankton di Perairan Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. Depik. 1(2): 93-98.
- Ochtreeani, A.M., Supriharyono, dan Prijadi S. 2014. Pengaruh Perbedaan Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. Dilihat dari Kepadatan Sel dan Klorofil- α pada Skala Semi Massal. Dipenegoro Journal of Maquares. Vol. 3 (2): 102-108.
- Paes, C.R., Faria G.R., Tinoco N.A., Castro D.J., Barbarino E., and Lourenço S.O. (2016). Growth, Nutrient Uptake and Chemical Composition of *Chlorella* sp. and *Nannochloropsis oculata* Under Nitrogen Starvation. Latin American Journal of Aquatic Research. 44(2): 275-292.
- Rahmadan, R.Y. (2019). Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* yang Dikultur Menggunakan Pupuk Limbah Cair Tahu. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga. Surabaya. 115 hlm.
- Ru'yatin, I.S., Rohyani, dan L. Ali. (2015). Pertumbuhan *Tetraselmis* dan *Nannochloropsis* pada Skala Laboratorium. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. 1(5): 296-299.

- Suriawiria, Unus. 1986. Pengantar Mikrobiologi Umum. Angkasa. Bandung. 238 hlm.
- Susanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta. 218 hlm.
- Viqran, Zaenal A., dan Alis M. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Guano dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. Jurnal Perikanan. 8(2): 58-65.
- Wibowo A. L., Mutiara D., dan Anggraini I. Y. (2017). Penggunaan Pupuk Organik Cair Hasil Fermentasi dari *Azolla Pinnata* Terhadap Kepadatan Sel *Spirulina* sp. Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan. 12(1): 56-65.
- Widyaningrum, N.F., Bambang S.M., dan Bagus H. (2013). Studi Eksperimental Fotobioreaktor Photovoltaic untuk Produksi Mikroalga (*Nannochloropsis oculata*). Jurnal Bioproses Komoditas Tropis. 1(2): 30-38.
- Yulina., Wa I., dan Muhaimin H. (2020). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Protein *Chlorella vulgaris*. Jurnal Ilmiah Jurusan Budidaya Perairan. 5(1): 34-42.