

## Laju Pertumbuhan dan Kandungan Fikosianin *Spirulina* sp. pada Konsentrasi Urea yang Berbeda

Muhammad Azam Arrosyd, Gunawan Widi Santosa\*, Hadi Endrawati

Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
Email: gunawan.ws60@gmail.com

### Abstrak

*Spirulina* sp. adalah mikroorganisme autotrof dari kelas Cyanophyta yang berbentuk filamen terpilin menyerupai spiral (helix), dan merupakan salah satu sumber pangan dan pakan yang potensial. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan serta kandungan pigmen salah satunya adalah nutrisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi urea yang berbeda terhadap laju pertumbuhan dan kandungan pigmen fikosianin pada *Spirulina* sp. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Mikroalga *Spirulina* sp dikultur dengan 4 taraf perlakuan yang berbeda yaitu pemberian urea 90 mg/L, 105 mg/L, 120 mg/L, 135 mg/L dan 1ml/L pupuk Walne sebagai kontrol dengan tiga kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan laju pertumbuhan tertinggi pada perlakuan kontrol walne sebesar 0,697 dan terendah pada perlakuan 90 mg/L sebesar 0,447. Kandungan pigmen fikosianin tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol walne sebesar 0,272 mg/mL disusul dengan perlakuan 120 mg/L, 105 mg/L dan 135 mg/L dengan masing-masing 0,095 mg/mL; 0,068 mg/mL dan 0,046 mg/mL. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa perbedaan konsentrasi urea memiliki pengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp.  $P < 0.05$ , namun tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan pigmen fikosianin mikroalga *Spirulina* sp.  $P \geq 0.05$ .

**Kata kunci :** Laju Pertumbuhan, Phycocyanin, *Spirulina* sp, Nitrogen

### Abstract

#### *Growth Rate and Phycocyanin Content of Spirulina sp. at Different Concentrations of Urea*

*Spirulina* sp. is an autotrophic microorganism from the Cyanophyta class which is in the form of a spiral-like twisted filament (helix), and is a potential source of food and feed. One of the factors that affect growth and pigment content is nutrients. This study aims to determine the effect of different urea concentrations on the growth rate and content of phycocyanin pigments in *Spirulina* sp. The research method used was experimental laboratory using the Completely Randomized Design. *Spirulina* sp microalgae were cultured with 4 different levels of treatment, namely urea 90 mg/L, 105 mg/L, 120 mg/L, 135 mg/L, and 1ml/L Walne fertilizer as a control with three replications. The results showed that the highest growth rate was in the Walne control of 0.697 and the lowest was in the 90 mg/L treatment of 0.447. The highest phycocyanin pigment content was found in the Walne control of 0.272 mg/mL, followed by the 120 mg/L, 105 mg/L, and 135 mg/L treatments with 0.095 mg/mL, 0.068 mg/mL and 0.046 mg/mL, respectively. Based on the results of the study, it was found that the difference in urea concentration had effect to the growth rate of *Spirulina* sp. ( $P < 0.05$ ), but did not have an effect on the phycocyanin content of microalgae *Spirulina* sp.  $P \geq 0.05$ .

**Keywords :** Growth Rate, Phycocyanin, *Spirulina* sp, Nitrogen

### PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan organisme tumbuhan berukuran renik (seluler) dan tersebar di seluruh

perairan baik tawar maupun asin. Mikrolagae sudah mulai dimanfaatkan mulai dari digunakan sebagai bahan makanan, bahan pada industri biofarmaka,

pewarna alami dan perbaikan lingkungan. Mikroalga dapat menghasilkan beberapa pigmen selain hijau yang berasal dari klorofil. Pigmen yang umum dipakai dalam industri diantaranya klorofil, karotenoid dan fikobiliprotein (Azimatun, 2014). Pigmen merupakan zat kimia berwarna yang berasal dari proses fotosintesis mikroalga. Pigmen pada umumnya dibagi menjadi tiga kelas: klorofil, karotenoid, dan fikobiliprotein (Barra *et al.*, 2014). Pigmen yang terdapat pada alga merah dan cyanobacteria salah satunya adalah phycobiliproteins yang merupakan bahan berharga tinggi.

Mahalnya beberapa jenis pupuk komersil terutama pupuk pro analisis diantaranya Walne, Guillard serta kelangkaan stoknya di dalam negeri menjadikan pemilihan penggunaan pupuk pertanian dengan kandungan nitrogen yang sama tinggi serta harga relatif lebih murah sebagai alternatif dalam kultur mikroalga (Viqram *et al.*, 2018).

Pigmen fikosianin merupakan pigmen biru yang memiliki fungsi sebagai penyimpan cadangan nitrogen pada Cyanobacteria. Pigmen fikobiliprotein adalah tetrapyrrol yang mana berikatan kovalen dalam berbagai kombinasi pada kompleks protein (Sukadarti *et al.*, 2016). Fikosianin memiliki karakteristik sebagai antioksidan serta memiliki fungsi sebagai anti inflamatori, menghambat tumor serta kemampuan dalam melindungi sel-sel syaraf (Romay *et al.*, 2003). Berbagai manfaat yang terdapat pada *spirulina* sp. menjadikannya mikroalga dengan potensial pasar yang tinggi.

Faktor faktor yang mempengaruhi kultivasi mikrolaga *Spirulina* sp. terbagi menjadi faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal diantaranya derajat keasaman, karbondioksida, suhu, salinitas, cahaya, nutrient dan aerasi (Amanatin dan Tutik, 2013). Kandungan pigmen fikosianin yang terdapat pada mikroalga dipengaruhi salah satunya oleh kandungan nutrisi berupa nitrogen pada media yang berperan sebagai unsur penyusun senyawa protein. Unsur nitrogen serta fosfor memberikan pengaruh terhadap kandungan pigmen fikosianin pada *Spirulina* sp. faktor lain yang dapat mempengaruhi kandungan pigmen adalah stressing faktor yang dapat berasal dari salinitas (Djunaedi *et al.*, 2017). Beberapa penelitian terkait pengaruh nitrogen terhadap kandungan pigmen fikosianin telah dilakukan untuk menemukan konsentrasi optimum dari nitrogen bagi pertumbuhan serta kandungan

pigmen fikosianin *Spirulina* sp. Penelitian Afriza *et al.* (2015), terkait pengaruh pemberian urea dengan dosis berbeda terhadap kepadatan dan laju pertumbuhan *Porphyridium* sp. menunjukkan bahwa laju pertumbuhan harian tertinggi diperoleh dengan pemberian urea 40 mg/L sebesar 0,34. Penelitian terkait kandungan fikosianin dengan penambahan urea sebelumnya dilakukan oleh Sukadarti *et al.* (2016), pada mikroalga *Spirulina platensis* menghasilkan kadar fikosianin tertinggi pada penambahan urea 70 ppm sebesar 5,047%.

Pigmen fikosianin pada mikroalga telah beberapa kali diteliti menggunakan jenis pupuk pro analisis dengan harga yang mahal, sehingga sebagai alternatif perlu adanya penelitian mengenai kandungan fikosianin pada mikroalga menggunakan pupuk pertanian dengan harga lebih murah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi urea terhadap laju pertumbuhan dan kandungan fikosianin pada kultur mikrolaga *Spirulina* sp.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Januari-Maret 2022. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sel mikroalga *Spirulina* sp. yang didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPAP), Jepara. Lokasi yang digunakan sebagai tempat kultur adalah Laboratorium Biologi Laut Departemen Ilmu Kelautan, dan analisis konsentrasi pigmen fikosianin dilakukan di Laboratorium Moleculer Kelautan. Semua laboatorium yang digunakan selama penelitian berada di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratoris yang mana dilakukan dengan melakukan manipulasi pada objek penelitian dengan tujuan melihat ada atau tidaknya hubungan sebab akibat antara dua faktor atau lebih (Arikunto dan Suharsimi, 1993). Rancangan penelitian yang dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan menggunakan 4 taraf perlakuan serta 1 kontrol dengan 3 kali pengulangan, yaitu 90 mg/L, 105 mg/L, 120 mg/L dan 135 mg/L dengan kontrol Walne sebanyak 1 ml/L. Sehingga terdapat 15 unit sampel kultur yang akan diteliti.

Sterilisasi alat dan media perlu dilakukan dengan tujuan memperkecil kemungkinan terdapatnya mikroorganisme kontaminan selama penelitian berlangsung (Hartanto *et al.*, 2013). Sterilisasi alat non elektronik seperti toples kaca, selang, pipet dilakukan dengan cara dicuci

menggunakan air sabun kemudian dibilas dan disemprot menggunakan alkohol setelah kering. Setelah itu peralatan yang telah disterilkan dilapisi plastik wrap dengan tujuan menghindari debu menempel dan diletakkan pada meja yang telah disterilkan menggunakan alkohol (Hartanto *et al.*, 2013). Langkah terakhir, alat di sterilisasi menggunakan sinar UV selama 2 jam untuk menghindari kontaminan berupa bakteri.

Sterilisasi media air laut yang akan digunakan dalam proses kultur mikroalga dilakukan dengan tujuan meminimalisir terdapatnya mikroorganisme kontaminan. Proses sterilisasi media air laut dilakukan dengan metode merebus air laut hingga mendidih selama 2 jam, kemudian media air laut didinginkan hingga suhu sesuai dengan temperatur ruangan (Hartanto *et al.*, 2013). Media air laut yang telah dingin kemudian dipindahkan ke dalam toples kaca dan dilakukan sterilisasi lanjutan menggunakan sinar UV selama 2 jam dengan tujuan memastikan pada media tidak tertinggal kontaminan berupa bakteri (Sulatri *et al.*, 2017).

Kultur dilakukan pada 2 liter media dengan inokulan awal yang digunakan sebanyak 2,5% dari keseluruhan kultur yaitu sebanyak 50 ml pada toples dengan volume 3 liter. Selama proses kultivasi pengamatan pertumbuhan dilakukan satu kali selama 24 jam yaitu pada pukul 09.00 WIB. Sampel yang akan dihitung pertumbuhannya diambil dari media pemeliharaan sebanyak 5 ml. Perhitungan kepadatan dilakukan menggunakan *sedgewick rafter*, di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x. Kepadatan sel *Spirulina* sp. dihitung menggunakan rumus menurut Isnansetyo dan Kurniastuti, (1995).

Pemanenan biomassa *Spirulina* sp. dilakukan ketika pertumbuhan mencapai akhir fase stationer yaitu pada hari ke-9. Pemanenan dilakukan dengan cara mematikan aerasi serta penyaringan menggunakan kertas saring whattman no. 42. Mikroalga *Spirulina* sp. merupakan mikroalga yang mudah mengendap serta mengumpal. Hasil penyaringan kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri dan dikeringkan dengan cara didiamkan pada ruangan dengan suhu 25°C selama kurang lebih 3 hari (Hanani *et al.*, 2020). Kemudian biomassa basah ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui berat basah dari biomasanya.

Ekstraksi pigmen fikosianin dilakukan menggunakan metode freezing-thawing dengan penambahan larutan buffer fosfat pH 7 pada sampel basah biomassa *Spirulina* sp. (Moraes *et al.*, 2011). Suspensi biomassa dihomogenasi dengan tujuan menghomogenkan larutan yang kemudian

dibekukukan menggunakan *freezer* dengan suhu -20°C selama 2 jam dan *thawing* menggunakan suhu ruang hingga sampel mencair selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan proses sentrifugasi menggunakan kecepatan 6000 rpm pada suhu 18°C selama 5 menit dengan tujuan untuk memisahkan residu dengan supernatannya. Supernatant yang mengandung fikosianin selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1700) menggunakan panjang gelombang 620 dan 652 nm (Chaiklahan *et al.*, 2011). Konsentrasi fikosianin selanjutnya dihitung berdasarkan persamaan (Bennett dan Bogorad 1973).

Data yang diperoleh selama penelitian diolah menjadi tabel serta grafik menggunakan bantuan program Microsoft excel dan SPSS versi 22.0. Data laju pertumbuhan dan kandungan fikosianin masing-masing dilakukan uji normalitas dan homogenitas menggunakan uji shapiro-wilk dan homogenitas menggunakan uji leven (Bangun *et al.*, 2015). Uji normalitas dan homogenitas digunakan sebagai syarat melakukan uji Anova one way. Selanjutnya dilakukan uji Post Hoc Duncan untuk mengetahui nilai *harmonic mean* yang dihasilkan oleh setiap kelompok berada pada kolom subset yang sama atau tidak (Sujarweni, 2014).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kultur *Spirulina* sp. yang digunakan pada inokulan awal adalah sebesar 2,5% atau 50 mL dari keseluruhan kultur. Kultur dipelihara selama 10 hari dimulai dari hari ke-0 (H-0) hingga hari ke-9 (H-9). Fase pertumbuhan pada *Spirulina* sp terbagi menjadi 5 fase dimulai dari fase adaptasi, fase eksponensial, fase penurunan, fase stationer dan fase kematian (Kawaroe *et al.*, 2010). Kultur mengalami proses pertumbuhan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Lama masa pemeliharaan kultur *Spirulina* sp. sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Cahya *et al.* (2020), dimana siklus pertumbuhan pada mikroalga *Spirulina* sp. terjadi selama 9 hari dimulai dari fase adaptasi hingga fase kematian. Pada penelitian yang telah dilakukan fase lag (adaptasi) terjadi pada hari ke-0 hingga ke-1, fase eksponensial awal terjadi pada hari ke-2 dan berakhir pada hari ke-7, fase selanjutnya yaitu fase stasioner terjadi pada hari ke-8 dan ke-9 bersamaan dengan waktu pemanenan biomassa mikrolaga.

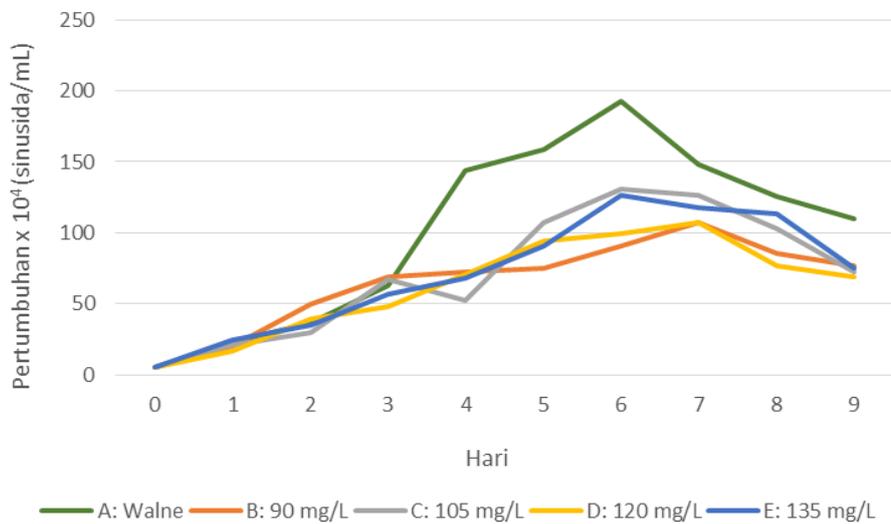
Laju pertumbuhan *Spirulina* sp selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan

Walne dengan rerata sebesar  $0,697 \pm 0,028$  sinusida/mL. Laju pertumbuhan tertinggi selanjutnya terdapat pada perlakuan urea 105 mg/L (C) dan 120 mg/L (D) masing- masing  $0,530 \pm 0,067$  sinusida/mL dan  $0,528 \pm 0,068$  sinusida/mL. Laju pertumbuhan terendah terjadi pada perlakuan urea 90 mg/L (B) sebesar  $0,434 \pm 0,053$  sinusida/mL.

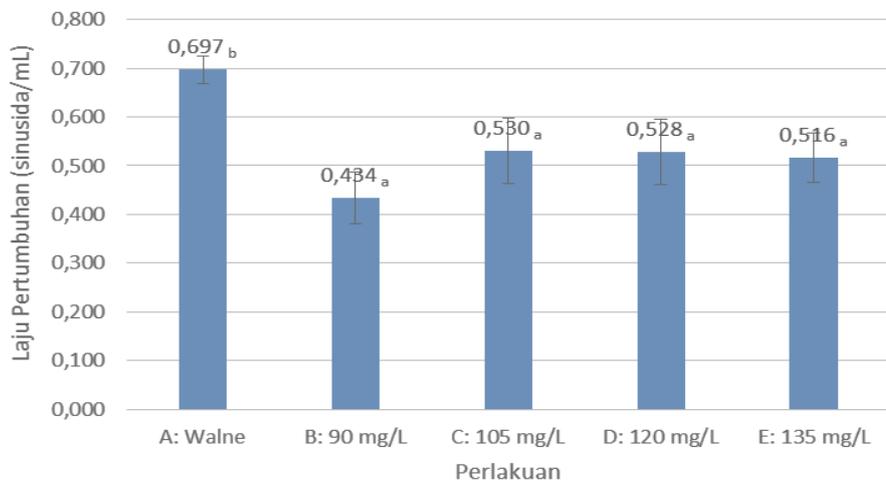
Tingginya hasil pertumbuhan pada perlakuan kontrol yaitu Walne tidak lepas dari kandungan nutrisi yang terdapat di dalamnya meliputi makronutrien dan mikronutrien. Penggunaan media Walne dinilai lebih baik sehingga meningkatkan pertumbuhan mikroalgae. Pupuk Walne yang merupakan pupuk sintesis dinilai lebih praktis pada

kultur jika dibandingkan dengan pupuk organik dikarenakan kandungan pupuk ini yang lebih lengkap (Budiono *et al.*, 2018).

Laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi urea yang digunakan sebagai perlakuan. Hasil penelitian yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dalam penggunaan perbedaan konsentrasi pupuk urea. Laju pertumbuhan pada perlakuan 120 ppm (D) dan 135 ppm (E) mengalami penurunan hal ini sesuai dengan pernyataan dari Arfah *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa perbedaan dalam pertumbuhan dapat diakibatkan oleh faktor kemampuan sel dalam



**Gambar 1.** Pertumbuhan Harian *Spirulina* sp (sinusida/mL) menggunakan Konsentrasi Pupuk Urea yang Berbeda Selama Penelitian



**Gambar 2.** Pengaruh Konsentrasi Urea yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp.

melakukan penyerapan unsur hara pada media kultur. Konsentrasi nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga terbagi menjadi 3 yaitu konsentrasi minimum, optimum serta maksimum (Umainana *et al.*, 2012). Hal tersebut diperkuat oleh penelitian lain yang mengatakan bahwa pada mikroalga memiliki batas maksimum dimana kelebihan nutrisi yang diberikan kepada mikroalga mengakibatkan proses biosintesis dapat terhambat. Tingginya unsur hara pada media kultur berupa senyawa organik menyebabkan organisme membutuhkan waktu lebih lama dalam beradaptasi (Sari *et al.*, 2012)

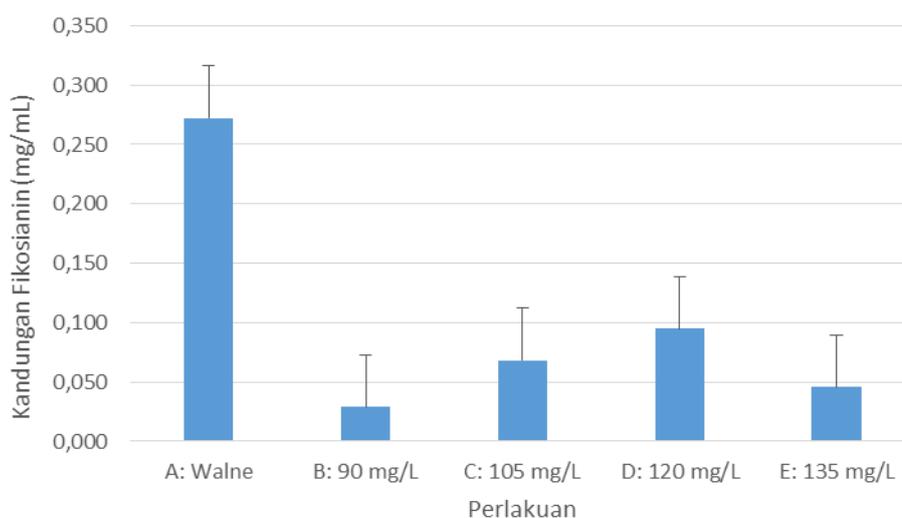
Berdasarkan Uji ANOVA satu arah perbedaan konsentrasi urea pada media terhadap laju pertumbuhan memberikan pengaruh ( $P < 0,05$ ). Hal ini dapat terjadi dikarenakan semakin meningkatnya konsentrasi urea pada media kultur dimana unsur nitrogen pada urea merupakan salah satu faktor penting pembentukan klorofil pada mikroalga. Klorofil yang terbentuk sangat dibutuhkan oleh mikroalga pada proses fotosintesis (Arfah *et al.*, 2019). Hal ini diperkuat oleh Amanatin dan Tutik (2013), yang mengatakan bahwa konsentrasi nitrogen yang diturunkan pada kultur mengakibatkan terhambatnya mikroalga dalam proses pembentukan klorofil.

Unsur nitrogen pada urea yang mencapai (45-46%) memiliki peran penting serta berpengaruh terhadap penyusunan senyawa dalam sel termasuk bagi protein dan klorofil serta termasuk dalam nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh mikroalga. Mikroalga yang mengandung klorofil

membutuhkan unsur nitrogen dengan kadar yang optimal bagi pertumbuhannya (Marthia 2020). Unsur N merupakan unsur paling mendasar bagi mikroalga dalam proses pembentukan protein struktural dan fungsional seperti enzim, klorofil, pigmen serta kandungan penting lainnya (Kurniawati *et al.*, 2020).

Hasil analisis kandungan pigmen fikosianin hasil proses pemanenan biomassa *Spirulina sp.* dapat dilihat pada Gambar 3. Kandungan fikosianin pada perlakuan urea 120 ppm (D) sebesar  $0,079 \pm 0,030$  mg/mL terjadi dikarenakan meningkatnya unsur nitrogen pada media, dimana penambahan urea meningkatkan jumlah kandungan nitrogen. Sedangkan kandungan fikosianin pada perlakuan urea 90 ppm (B) sebesar  $0,068 \pm 0,069$  mg/mL.

Berdasarkan hasil Uji ANOVA satu arah perbedaan konsentrasi urea pada media terhadap kandungan fikosianin tidak memberikan pengaruh ( $P > 0,05$ ). Hasil yang relatif sama antar perlakuan dapat diakibatkan dari rentang antar perlakuan yang kecil dimana mikroalga umumnya mengakumulasi pigmen fikobiliprotein pada saat terjadinya stressing faktor lingkungan pada media. Ketidakstabilan pada pigmen dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi cahaya, suhu, pH, oksigen serta pelarut yang digunakan (Widawati *et al.*, 2022). Komposisi media yang berisi nitrogen dengan jumlah kecil cenderung mempengaruhi kultur mikroalga dalam membentuk pigmen (Sujatha dan Nagarajan, 2013).



**Gambar 3.** Pengaruh Konsentrasi Urea Berbeda Terhadap Kandungan Pigmen Fikosianin *Spirulina sp.*

Hasil pengamatan parameter kualitas air kultur selama penelitian yaitu suhu, salinitas dan pH. Hasil pengukuran salinitas air kultur didapatkan hasil 20–24 ppt. dimana masih dalam kategori baik bagi *Spirulina* sp. hal ini sesuai dengan pernyataan dari Muhandi et al. (2021), yang menyatakan bahwa *Spirulina* sp dapat hidup dan tumbuh pada salinitas dengan kisaran 15–22 ppt akan tetapi *Spirulina* sp. memiliki toleransi yang cukup luas yaitu 0–35 ppt. hasil pengukuran parameter lainnya yaitu suhu selama penelitian diperoleh 23,2–26,4°C dimana berdasarkan pernyataan dari Christwardana dan Hadiyanto (2013) dimana *Spirulina* sp dapat hidup pada suhu 15°C dan optimal pada 35–40°C. Parameter pH selama penelitian berkisar antara 6,5–9 dan masih dalam kategori normal bagi kultur mikroalga *Spirulina* sp. sesuai dengan pernyataan dari Lesmana et al. (2019), yang mengatakan bahwa sebagian besar alga hijau-biru tumbuh optimal pada keadaan pH 7 dan lebih mentolerir keadaan basa daripada asam yang terjadi dikarenakan alga hijau-biru ahli dalam memanfaatkan karbon dioksida pada keadaan konsentrasi yang rendah. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan dari Amanantin (2013) yang mengatakan bahwa pH optimal bagi perkembangan *Spirulina* sp. adalah 6–8. Sehingga hasil pengamatan kualitas air kultur meliputi suhu, salinitas dan pH dapat menunjang pertumbuhan bagi mikroalga *Spirulina* sp.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroalga *Spirulina* sp. mampu hidup pada konsentrasi urea yang diberikan yaitu (90 ppm, 105 ppm, 120 ppm dan 135 ppm). Konsentrasi urea yang berbeda memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp. ( $P < 0.05$ ), namun tidak berpengaruh terhadap kandungan fikosianin ( $P \geq 0.05$ ). Laju pertumbuhan dan kandungan fikosianin terbaik dicapai oleh *Spirulina* sp. yang diberi pupuk Walne, sehingga pupuk urea kurang berpotensi sebagai pupuk alternatif untuk mikroalga tersebut dalam kondisi penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Amanantin, D.R & Tutik, N. 2013. Pengaruh Kombinasi Konsentrasi Media Ekstrak Tauge (MET) dengan Pupuk Urea terhadap Kadar Protein *Spirulina* sp. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(2): 2–5.

Arfah, Y., Nunik, C. & Alis, M. 2019. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Urea Terhadap

Pertumbuhan Populasi Sel *Nannochloropsis* sp. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(1):45–51.

Arikunto & Suharsimi. 1993. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Jakarta: Rineka Cipta.

Azimatum, N.M.M. 2014. Potensi Mikroalga Sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia (Overview). *Eksergi*, 11(2): 01–06

Bangun, H.H., Sabala, H. & Churun, A. 2015. Perbedaan Laju Pertumbuhan *Spirulina plantesis* pada Temperatur yang Berbeda dalam Skala Laboratorium. *Journal Of Managemen of Aquatic Resources*, 4(1):74–81.

Barra, L., Chandrasekaran, R., Corato, F. & Brunet, C. 2014. The Challenge of Ecophysiological Biodiversity For Biotechnological Applications of Marine Microalgae. *Marine Drugs*, 12(3): 641–1675.

Bennett, A. & Lawrence, B. 1973. Complementary Chromatic Adaptation In A Filamentous Blue-Green Alga. *The Journal Of Cell Biology*, 58:419–435.

Budiono, R., Juahir, H & Mamat, M. 2018. Modeling Interaction of CO<sub>2</sub> Concentration and the Biomass Algae Due to Reduction of Anthropogenic Carbon Based on Predator-Prey Model. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 1391:27–38.

Cahya, N., Saptono, W. & Bagus, D.H.S. 2020. Analisis Pertumbuhan *Spirulina* sp. Dengan kombinasi Pupuk Yang Berbeda, *Jurnal Perikanan*, 10(2):123–133.

Chaiklahan, R., nattayaporn, C., Veara, L., Suvit, L. & Boosya, B. 2011. Separation and Purification of Phycocyanin from *Spirulina* sp. using a Membrane Process. *Bioresource Technology*, 102:7159–7164.

Christwardana, M. & Hadiyanto, N. 2013. *Spirulina platensis*: Potensinya sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1):1–2.

Djunaedi, A., Suryono, C.A. & Sardjito. 2017. Kandungan Pigmen Polar dan Biomassa pada Mikroalga *Dunaliella Salina* dengan Salinitas yang Berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1): 1–6.

Hanani, T., Ita, W. & Susanto, AB, 2020. Kandungan Senyawa Beta Karoten pada *Spirulina platensis* dengan Perlakuan Perbedaan Lama Waktu Pencahayaan. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(1):55–58.

Hartanto, H.S.B., Riche, H. & Tri, R.S. 2013. Pertumbuhan Populasi *Chlorella Vulgaris*

- Beijerinck Dengan Perlakuan Penambahan Logam Berat Tembaga ( Cu ) Pada Skala Laboratorium. *Jurnal Biologi*, 2(1):19–27.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuti, 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut. Kanisius, Yogyakarta.
- Kawaroe, M., Tri, P., Andriani, S., Dahlia, W.S. & Dina, A. 2010. Mikroalga Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar. IPB Press: Bogor.
- Kurniawati, R., & Praharyawan, S. 2020. Optimasi nisbah natrium nitrat : urea dan konsentrasi nitrogen pada kultivasi *Spirulina platensis* untuk produksi protein dan pigmen fikosianin. *Menara Perkebunan*, 88(2):130–140.
- Lesmana, P.A., Nanda, D. & Bagus, D.H.S. 2019. Pengaruh Penggunaan Limbah Air Budidaya Ikan Lele Sebagai Media Pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Perikanan*, 4(10):50–65.
- Marthia, N. 2020. Pengaruh Jenis Media Kultur Terhadap Konsentrasi Biomassa *Nannochloropsis* sp. *Pasundan Food Technology Journal*, 7(3):97–101.
- Moraes, C.C., Sala, L., Cerveira, G.P., & Kalil, S.J. 2011. C-Phycocyanin Extraction From *Spirulina platensis* Wet Biomass. *Brazilian Journal Of Chemical Engineering*, 28(01):45–49.
- Muhardi., Dwi, I.P & Warsidah. 2021. Pengaruh Penambahan Asap Cair Tempurung Kelapa Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Kelautan Khatulistiwa*, 4(2): 12-16.
- Richmond, A. 1988. Open System For The Mass Production For The Photoautotrophic Microalgae Outdoor: Physiological Principles. *Journal of Application Phycology*, 4(1):281-286.
- Romay, C.H., Gonzales, N., Ledon, N., Remirez, D. & Rimbau, V. 2003. C-Phycocyanin: A Biliprotein with Antioxidant, Anti-Inflammatory and Neuroprotective Effects. *Current Protein and Peptide Science*, 4(3):207-216.
- Sari, A.S.P., Wisanti. & Evie, R. 2012. Pengaruh Pemberian Jenis Pupuk yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Populasi dan Kadar Lemak *Nannochloropsis oculata*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 1(1):55–62.
- Sujarweni, V.W., 2014. *SPSS untuk Penelitian*. Penerbit Yogyakarta: Pustaka baru Press.
- Sukadarti, S., Sri, W.M & Maulana, M. A.N. 2016. Peningkatan Phycocyanin pada *Spirulina Platensis* dengan Media Limbah Virgin Coconut Oil pada Photobioreactor Tertutup. *Eksergi*, 13(2): 1-6.
- Umainana, M.R., Mubarak, A.S. & Masithah, D. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Daun Turi Putih (*Sesbania grandiflora*) Terhadap Populasi *Chlorella* sp. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 8(1):1–9.
- Viqram., Zaenal, A. & Alis, M. 2018. Pengaruh Penambahan Pupuk Organik Guano Dengan Konsentrasi Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Perikanan Unram*, 8(2):58–65.
- Widawati, D., Gunawan, W.S. & Ervia, Y. 2022. Pengaruh Pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap Kandungan Pigmen beda Salinitias. *Journal of Marine Research*, 11(1):61–70.