

PENGARUH FOTOPERIODE BERBEDA TERHADAP KELIMPAHAN

MIKROALGA *Haematococcus pluvialis*

OLEH

SRI MIDAWATI AGUSTINA PANJAITAN



**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS RIAU
PEKANBARU
2019**

**The Effect of Photoperiod Differences to The Growth of Population
Microalga *Haematococcus pluvialis***

By :

**Sri Midawati Agustina Panjaitan¹⁾, Saberina Hasibuan²⁾, Syafriadiman²⁾
Fisheries and Marine Faculty of Riau University
Email : srimida@yahoo.com**

Abstract

This research was conducted in April-Juni 2019 at the Natural Feed Laboratory, BBAT Sungai Gelam, Jambi. The purpose of this study was to determine the best *photoperiod* in increasing the growth rate and biomass production of microalga *H. pluvialis*. The method used in this research was experimental using Completely Random Design (CRD) one factor with four treatments and repeated three times. The treatments used was P1 24 bright (24B), P2 20 bright 04 dark (20B : 04D), P3 16 bright 08 dark (16B : 08D), P4 12 bright 12 dark (12B : 12D). Cultivation was carried out for ten days, using Walne. The results showed that the treatment of the dark cycle and the light cycle affected the population density and specific growth rate. Lighting 16 hours Bright 08 hours Dark gave the best results with a cell density of 888×10^4 cells / ml and a specific growth rate of 0,353 cells/ml/day with peak growth occurring on the day eight. Water quality parameters during the study were optimal for the growth of microalga *H. pluvialis* with a water temperature of 21,05-23,78 °C, pH 7,70-8,78 and dissolved oxygen 5,54-6,30 mg /L.

Keywords: Photoperiod, Growth of Population, *Haematococcus pluvialis*.

- 1) Student at Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau
- 2) Lecturer at Faculty of Fisheries and Marine, University of Riau

Pengaruh Fotoperiode Berbeda Terhadap Kelimpahan Mikroalga *Haematococcus pluvialis*

Oleh :

Sri Midawati Agustina Panjaitan¹⁾, Saberina Hasibuan²⁾, Syafriadiman²⁾
Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau
Email : srimida@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Juni 2019 bertempat di Laboratorium Pakan Alami BBAT Sungai Gelam, Jambi. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kelimpahan mikroalga *H. pluvialis* yang dikultur pada fotoperiode berbeda dan menentukan fotoperiode terbaik untuk meningkatkan kelimpahan mikroalga *H. pluvialis*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah P1 24 jam terang (24T), P2 20 jam terang 4 jam gelap (20T : 04G), P3 16 jam terang 8 jam gelap (16T : 08G), P4 12 jam terang 12 jam gelap (12T : 12G). Pengkulturan dilakukan selama 10 hari, menggunakan Pupuk Walne. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian fotoperiode berbeda berpengaruh terhadap kelimpahan dan laju pertumbuhan spesifik. Pemberian pencahayaan 16 jam terang 08 jam gelap memberikan hasil terbaik dengan kepadatan sel 888×10^4 sel/ml dan laju pertumbuhan spesifik sebesar 0,353 sel/ml/hari dengan pertumbuhan puncak terjadi pada hari ke - 8. Parameter kualitas air selama penelitian tergolong optimal untuk pertumbuhan *H. pluvialis* yaitu Suhu 21,05-23,78 °C, pH 7,70-8,78 dan DO 5,54-6,30 mg/L.

Kata Kunci : Fotoperiode, Pertumbuhan, *Haematococcus pluvialis*.

- 1) Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau
- 2) Dosen Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau

PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan pakan alami dalam dunia perikanan yang mempunyai peranan penting karena mata rantai siklus makanan pada lingkungan perairan. Pakan alami dikenal mengandung kandungan nutrisi yang lengkap seperti protein, karbohidrat dan lemak, selain itu salah satu mikroalga dikenal sebagai penghasil astaxanthin alami terbaik yaitu *Haematococcus pluvialis* (Rangga *et al.*, 2010).

Astaxanthin dalam perikanan mempunyai banyak manfaat sebagai senyawa aman dan efektif untuk pigmentasi daging ikan (Tolase *et al.*, 2005). Pemanfaatan tepung *H. pluvialis* untuk pigmentasi telah menghasilkan deposisi astaxanthin yang signifikan dalam daging ikan, peningkatan sistem antioksidan, kualitas telur ikan, pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan salmon, bream laut dan rainbow trout (Parisenti *et al.*, 2011).

Mikroalga *H. pluviialis* dapat tumbuh diberbagai habitat (kosmopolit), bahkan pada tempat yang sangat kritis bagi kehidupan. Dalam cekaman stress pada lingkungan yang minim akan nutrisi, kadar garam tinggi, paparan sinar yang cukup tinggi dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan lainnya, mikroalga ini akan memproduksi astaxanthin dengan cepat membentuk spora dan mengakumulasi astaxanthin pada selnya sebagai perlindungan diri. Spora akan terpecah kembali ketika lingkungan normal kembali dan mikroalga *H. pluviialis* kembali berwarna hijau (Proctor, 1957 dalam Shah *et al.*, 2016).

Kultur mikroalga untuk melakukan proses fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa hal seperti bahan-bahan organik seperti nitogen dan fosfor, karbondioksida, air dan cahaya. Kegiatan kultur dapat dilakukan pada dua tempat yaitu *indoor* dan *outdoor*. Pada kultur *outdoor* cahaya bersumber dari matahari, pada kultur *indoor* cahaya matahari diganti menggunakan lampu (Padang *et al.*, 2018; Matakupan *et al.*, 2009).

Menurut Budiardi *et al.*, (2010) cahaya merupakan sumber energi yang diperlukan dalam proses fotosintesis, serta jumlah energi yang diterima bergantung pada kualitas, kuantitas dan periode penyinaran. Cahaya yang berasal dari lampu dapat dimanipulasi (diperpanjang atau dipersingkat) dengan tujuan agar kultur yang dilakukan mendapatkan hasil yang optimal. Pada saat terang, sel-sel diatom akan membelah secara aseksual, sehingga anaknya lebih kecil ukurannya dibandingkan dengan sel induknya. Pada waktu gelap akan terjadi

pengembangan sel untuk mencapai ukuran normal. Dengan adanya pengaturan periode penyinaran pada kultur diatom, maka laju pertumbuhan dapat dibatasi dengan adanya waktu terang dan waktu gelap (Asrurianta, 2018)

Hasil penelitian Utami *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa perlakuan fotoperiode yang optimal untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan kepadatan sel *Chlorella* sp. yakni pada fotoperiode terbaik 16:08 (jam terang:gelap) dengan kepadatan populasi sebesar $11,97 \times 10^6$ sel/ml, laju pertumbuhan spesifik 0,4499 sel/hari

Bertolak dari hal ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai kelimpahan sel dari mikroalga khususnya *Haematococcus pluviialis*. yang dikultur pada perioditas cahaya yang berbeda.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Juni 2019 di Laboratorium Pakan Alami Balai Budidaya Air Tawar Sungai Gelam, Jambi.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan. Pada penelitian ini digunakan lampu TL (Tubular Lamp) 40 watt. Menurut penelitian sebelumnya (Utami *et al.*, 2012), perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : P1: 24T (Dalam 24 jam dilakukan pencahayaan 24 jam), P2 : 20T - 04G (Dalam 24 jam dilakukan pencahayaan 20 jam dan 4 jam gelap), P3 : 16T - 08G (Dalam 24 jam dilakukan pencahayaan 16 jam dan 8 jam gelap), P4 : 12T - 12G

(Dalam 24 jam dilakukan pencahayaan 12 jam dan 12 jam gelap)

Pemeliharaan dilakukan selama 10 hari dan dilakukan perhitungan setiap 48 jam dengan menggunakan bantuan haemocytometer dibawah mikroskop binokuler dengan pembesaran 10 x 10.

Kepadatan Sel/ml

Kelimpahan populasi sel *H. pluvialis* yang dihasilkan dihitung dengan bantuan hemocytometer dibawah mikroskop. Hasil yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara waktu kultur dengan jumlah populasi sel mikroalga, jumlah sel mikrolaga dapat dihitung dengan rumus kelimpahan sel berikut :

$$D = \frac{n_1+n_2+\dots+n_x}{x} \times 16 \times 10^4$$

Keterangan:

D = Jumlah sel mikroalga yang terhitung (sel/ml)

16 = Jumlah seluruh kotak haemocytometer

n = Jumlah mikroalga yang dihitung

x = Jumlah kotak yang dihitung

10^4 = Konstanta Haemocytometer (Taw, 1990).

Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik adalah kecepatan pertumbuhan pada populasi dalam satuan waktu tertentu, laju pertumbuhan spesifik dengan rumus (Vonshak, 1997a):

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan :

μ : Laju pertumbuhan spesifik (sel/ml/hari)

X1 : Kepadatan sel awal (sel/ml)

X2 : Kepadatan sel akhir (sel/ml)

t1 : Waktu awal sampling (hari)

t2 : Waktu akhir sampling (hari)

Pengukuran kualitas air diukur setiap hari meliputi Suhu, pH dan DO dengan menggunakan alat pengukur kualitas air AMTAST EC900.

Persiapan Tempat dan Wadah

Tempat kultur menggunakan rak ukuran 1,5 x 0,5 m, intensitas cahaya yang digunakan 3200 lux yang diukur dengan luxmeter. Wadah berupa erlenmayer terlebih dahulu direndam larutan KMnO_4 24 jam lalu dicuci dan dikeringkan di oven suhu 70 °C selama 2 jam, prosedur yang dilakukan mengacu pada standar sterilisasi balai. Volume wadah yang digunakan 1000 ml sebanyak 12 buah, dibantu dengan erasi dan lampu TL 40 watt dalam kultur. Sterilisasi walne menggunakan auto clave selama 15 menit dengan suhu 121 °C.

Kultur *H. pluvialis* menggunakan 500 ml air aqua ditambahkan 0,5 ml media walne dan 11,2 ml (75×10^4 sel/ml) *H. pluvialis* kedalam wadah (Witono, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan *H. pluvialis*

Pada awal pengkulturan diperoleh jumlah sel mikroalga *H. pluvialis* sebesar 750.000 sel/ml. Berdasarkan data kelimpahan dari hasil pengamatan kultur mikroalga *H. pluvialis* selama penelitian, kepadatan sel/ml disajikan pada Tabel 1 dengan memiliki hasil yang berbeda di setiap perlakuannya.

Tabel 1. Hasil kelimpahan mikroalga *H. pluviialis* pada fase eksponensial

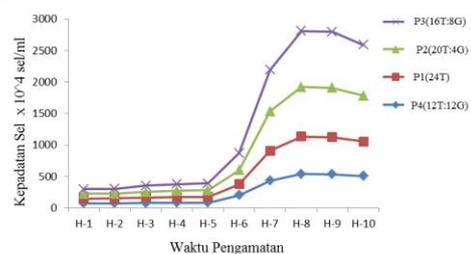
Perlakuan	Kelimpahan <i>H. pluviialis</i> ($N \pm \text{std} \times 10^4 \text{ sel/ml}$)
P1 (24T)	$593 \pm 40,01^a$
P2 (20T : 04G)	$788 \pm 16,11^b$
P3 (16T : 08G)	$888 \pm 33,92^c$
P4 (12T : 12G)	$541 \pm 56,88^a$

Berdasarkan Tabel 1, nilai kelimpahan mikroalga pada fase eksponensial tertinggi pada perlakuan P3 sebesar $888 \times 10^4 \text{ sel/ml}$, kemudian P2 sebesar $788 \times 10^4 \text{ sel/ml}$, lalu P1 sebesar $593 \times 10^4 \text{ sel/ml}$ dan terendah P4 sebesar $541 \times 10^4 \text{ sel/ml}$. Uji ANOVA menunjukkan pengaruh fotoperiode berbeda berpengaruh nyata terhadap kelimpahan mikroalga *H. pluviialis*, dengan P1 dan P4 tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan perlakuan P2 dan P3.

Perlakuan P1 dan P4 tidak berbeda nyata disebabkan kelebihan dan kekurangan cahaya akan menyebabkan pertumbuhan mikroalga terhambat. Pada P1 cahaya berlebih sehingga auksin yang merupakan hormon pertumbuhan rusak. Menurut Abidin (1987) dalam Suprpto (2004) bahwa auksin merupakan senyawa dengan ciri-ciri mempunyai kemampuan dalam mendukung terjadinya pertumbuhan dengan struktur kimia indole ring, banyaknya kandungan auksin dalam tanaman sangat mempengaruhi pertumbuhan. Pada P4 cahaya yang diterima mikroalga kurang. Tamiya (1973) dalam Utami *et al.*, (2012) kurangnya cahaya yang diterima mikroalga karena adanya pembatasan cahaya akan mengakibatkan fotosintesis tidak optimal dan pertumbuhan sel-selnya terhambat.

Pada P3 cahaya yang diberikan sesuai dengan kebutuhan mikroalga sesuai dengan pernyataan Fay (1983) dalam Utami *et al.*, (2012) dalam melakukan kultur fitoplankton, sebaiknya menggunakan pencahayaan yang sesuai, yaitu pencahayaan yang terdiri dari gelap dan terang sehingga fitoplankton memungkinkan untuk melakukan proses fotosintesis. Pada P2 dan P4 juga menggunakan sistem gelap terang. Namun, pada P2 cahaya berlebih dan P4 cahaya kurang.

Pertumbuhan mikroalga terdiri atas empat fase yaitu adaptasi, eksponensial, stasioner dan kematian (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Fase pertumbuhan mikroalga yang dikultur disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan *H. pluviialis*

Mikroalga *H. pluviialis* yang dikultur mengalami fase adaptasi pada semua perlakuan terjadi pada hari ke-1 hingga ke-2 yang berarti pertumbuhan sel belum terjadi secara signifikan karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan sehingga jumlah kepadatan meningkat secara perlahan. Fogg and Thake, 1987 dalam Simamora, 2017 bahwa fase adaptasi bergantung pada jumlah dan umur inokulum dan serta substrat yang digunakan sebagai media.

Fase eksponensial dimulai pada hari ke-3 hingga puncak hari ke-8. Pada fase eksponensial mikroalga mampu memanfaatkan unsur hara dengan optimal dan sudah terbiasa dengan lingkungan kulturnya. Kabinawa (2006) mengatakan kondisi lingkungan dan unsur hara adalah faktor yang berpengaruh pada fase eksponensial.

Fase stasioner pada kultur ini. Grafik pertumbuhan mikroalga terlihat mendatar. Menurut Armada (2013) pada fase stasioner pertumbuhan cenderung statis, artinya pembelahan sel dan kematian sel seimbang.

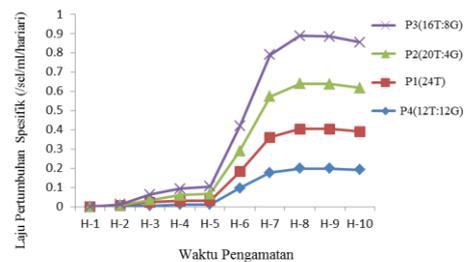
Fase kematian terjadi pada hari ke-10. Menurut Suantika dan Hendrawani (2009) bahwa fase akan mengalami penurunan diakibatkan ketersediaan nutrisi kurang, parameter kualitas air yang menurun, dan akumulasi metabolit (NH_2^- dan NH_4^+) menjadi penyebab pertumbuhan sel tidak optimal, sehingga sel tidak mampu untuk tumbuh dan berkembang. Penurunan jumlah mikroalga *H. pluvialis* tidak terjadi secara signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan nutrisi dalam media masih mendukung sel untuk bertahan hidup (Prihantini *et al.*, 2005).

Laju Pertumbuhan Spesifik

Berdasarkan data yang didapatkan dari pengamatan kultur mikroalga *H. pluvialis* selama penelitian, laju pertumbuhan spesifik pada fase eksponensial disajikan pada Tabel 2 dan grafik pertumbuhan mikroalga selama penelitian pada Gambar 2 dengan hasil yang berbeda tiap perlakuan.

Table 2. Hasil laju Pertumbuhan spesifik *H. pluvialis* ($\mu \pm \text{std sel/ml/hari}$)

Perlakuan	Laju pertumbuhan spesifik <i>H. pluvialis</i> ($\mu \pm \text{std sel/ml/hari}$)
P1 (24T)	$0,295 \pm 0,010^a$
P2 (20T : 04G)	$0,336 \pm 0,003^b$
P3 (16T : 08G)	$0,353 \pm 0,005^b$
P4 (12T : 12G)	$0,282 \pm 0,015^a$



Gambar 2. Grafik laju pertumbuhan spesifik *H. pluvialis*

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa setiap perlakuan fotoperiode berbeda memberikan pengaruh yang nyata berbeda terhadap laju pertumbuhan spesifik ($<0,05$). Hasil tertinggi pada perlakuan P3, tertinggi selanjutnya P2 lalu P1 dan terakhir P4.

Perlakuan P2 dan P3 tidak berbeda nyata begitu juga P1 dan P4 pada uji lanjut student newman keuls. Hal ini karena kelimpahan sel antara P2 dan P3 tidak jauh berbeda begitu jua antara P1 dan P4. Menurut Suminto dan Hirayama (1996) bahwa nilai laju pertumbuhan spesifik yang lebih besar mempunyai arti bahwa proses pembelahan sel alga menjadi lebih cepat, sehingga penambahan sel perwaktu akan lebih besar daripada penambahan waktu itu sendiri.

Laju pertumbuhan spesifik tertinggi pada fase eksponensial terdapat pada perlakuan P3 sebesar 0,353 sel/ml/hari. Tingginya nilai

laju pertumbuhan P3 karena kelimpahan selnya merupakan yang tertinggi, pada perlakuan P3 cahaya yang diberikan dapat mendukung laju pertumbuhan mikroalga. Utami *et al.*, (2012) dalam melaksanakan kultur mikroalga (untuk proses fotosintesis) sebaiknya menggunakan pencahayaan yang terdiri dari gelap, terang dan pencahayaan rendah. Laju pertumbuhan spesifik fitoplakton akan mengalami penurunan bila dalam kondisi ketersediaan cahaya yang rendah ataupun terlalu tinggi (Nyabakken, 1988 dalam Edhy, 2003).

Berdasarkan Gambar 2 antara awal kultur dan hari ke-2, laju pertumbuhan spesifik mikroalga terlihat tidak adanya peningkatan, dikarenakan mikroalga masih dalam tahap adaptasi. Pada hari kultur ke-3 sampai ke-8 laju pertumbuhan spesifik terus mengalami peningkatan dan antara hari ke-8 dan ke-9 terlihat statis karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mengalami kematian dan pada masa kultur hari ke-10 laju pertumbuhan spesifik mikroalga mengalami penurunan dan masuk dalam fase kematian. Laju pertumbuhan masing-masing perlakuan berbeda tergantung pada cahaya yang diterima. Sesuai dengan pernyataan Singh *et al.*, (2015) bahwa laju pertumbuhan mikroalga dan produksi biomassa dapat meningkat dan menurun bergantung pada paparan cahaya.

Kualitas Air

Parameter kualitas air sangat mempengaruhi pertumbuhan *H. pluvialis*. Parameter yang diukur meliputi Suhu, pH dan DO. Kualitas air diukur pada sore hari sebanyak dua hari sekali. Kisaran kualitas air disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kisaran nilai kualitas air kultur *H. pluvialis*

No.	Parameter	Hasil	Satuan
1.	Suhu	21,05-23,78	°C
2.	pH	7,70-8,87	-
3.	DO	5,54-6,30	mg/L

Pertumbuhan *H. pluvialis* yang baik dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan didalam media kultur. Faktor lingkungan yang dapat mendukung pertumbuhan mikroalga *H. pluvialis* adalah suhu, pH dan DO. Pada penelitian ini hasil pengukuran suhu dengan rentang nilai 21,05-23,78 °C. Hasil pengukuran suhu tidak terlalu berfluktuatif. Suhu yang paling cocok untuk pertumbuhan dan akumulasi astaxanthin adalah antara 20-28 °C (Hata *et al.*, 2001).

Parameter lingkungan seperti pH memiliki peranan penting dalam pertumbuhan sel *H. pluvialis*. Adanya pH yang dipertahankan pada kisaran optimal tidak akan memberikan pengaruh selama kegiatan kultur. Pada penelitian ini hasil pengukuran pH dengan rentang nilai 7,70-8,78. Menurut Sarada *et al.*, 2003 dalam Shah *et al.*, (2016) untuk produksi biomassa dan staxanthin mikroalga *H. pluvialis*, pH optimal berada dalam kisaran 7,00-7,85. Namun, menurut Odum (1994) kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton berkisar antara 6,0-9,0.

Jumlah oksigen terlarut tertinggi dari pengamatan kultur terjadi pada hari ke-9. Peningkatan oksigen terlarut dikarenakan meningkatnya jumlah kelimpahan sel mikroalg *H. pluvialis* yang menghasilkan oksigen terlarut pada proses fotosintesis. Hasil pengukuran oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 5,54-6,30 mg/L. Menurut Widiyawatik (2018) bahwa fotosintesis yang berjalan dengan

baik akan menghasilkan oksigen dalam jumlah yang cukup untuk pertumbuhan mikroalga.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa fotoperiode berbeda mempengaruhi kelimpahan sel mikroalga *H. pluvialis* dan laju pertumbuhan spesifik. Fotoperiode terbaik untuk pertumbuhan mikroalga *H. pluvialis* yaitu P3 (16 terang : 08 Gelap) sebesar 888×10^4 sel/ml, laju pertumbuhan spesifik 0,353 sel/ml/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Armanda, D. T. 2013. Pertumbuhan Kultur Mikroalga Diatom *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve Isolat Jepara pada Medium F/2 dan Medium Conway. Program Studi Tadris Biologi Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan IAIN Walisongo Semarang. Vol 2(1): 1-7.
- Asrurianta, E. 2018. Pengaruh Fotoperiode Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan, Produksi Biomasa, Klorofil-A dan Kadar Protein *Thalassiosira* sp. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Budiardi, T., N.B.P. Tomo dan A. Santosa. 2010. Pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Spirulina* sp. pada fotoperiode yang berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. Vol 9(2): 146-156.
- Edhy, W. A., J. Pribadi dan Bahari Suatu Pendekatan Biologi dan Manajemen Plankton dalam Budidaya Udang. Laboratorium Central Deaptemen Aquaculture Division PT. Centralpratiwi Bahari.
- Hata, N., Ogonna, J. C., Hasegawa, Y., Taroda, H., and Takana, H. 2001. Production of astaxanthin by *Haematococcus pluvialis* in a sequential heterotrophic-photoautotrophic culture. *J. Appl. Phycol.* 13: 395-402.
- Isnansetyo, A dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton Zooplankton*. Kansasius. Yogyakarta. 116 hlm.
- Matakupan, J. 2009. Studi Kepadatan *Tetraselmis chuii* Yang di Kultur Pada Intensitas Cahaya Yang Berbeda. *Jurnal TRITON*. Vol 5(2): 31-35.
- Odum, E.P. 1994. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta (Penerjemah Tjahjono Samingar).
- Padang, A., Lestaluhu. A., Siding. R. 2018. Pertumbuhan Fitoplankton *Dunalliella* sp. dengan Cahaya Berbeda pada Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*. Vol 11(1): 1-7.
- Parisenti, J., Beirao, L.H., Maraschin, M., Mourino, J. L., Nascimento, V.iera F., Do Nascimento Vicera, F., Bedin, L. H. 2011. Pigmentation and carotenoid content of shrimp fed with *Haematococcus*

- pluvialis* and soy lecithin. *Aquacult. Nutr.* Vol 17: 530-535.
- Prihantini, N. B., Putri, B., Yuniati, R. 2005. Pertumbuhan *Chlorella* sp. dalam medium ekstrak taugé (MET) dengan variasi pH awal. *Makara sains.* Vol 9(1): 1-6.
- Rangga, R. A., Harshvardhan Reddy, A., and Aradhya, S. M. 2010. Antibacterial properties of *Spirulina platensis*, *Haematococcus pluvialis*, *Batryococcus braunii* microalga extracts. *Curr. Trends Biotechnol. Pharm.* 4: 409-419.
- Shah, M.M.R., Liang, Y., Cheng, J.J and Daroch, M. 2016. Astaxanthin-Producing Green Microalga *Haematococcus pluvialis*: From Single Cell to High Value Commercial Products. *Frontiers in Plan Science.* Vol 7: 531-559.
- Simamora, L.A., Sudarno., Istirokhatun, T. 2017. Kultivasi Mikroalga Sebagai Metode Pengelolaan Dalam Menyisihkan Kadar COD dan Amonium Pada Limbah Cair tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan.* Vol 6(1): 1-14
- Singh, S.P. 2015. Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. *Renewable and Sustainable Energy Review.* 431-444.
- Suantika, G., Hendrawandi, D. 2009. Efektivitas Teknik Kultur Menggunakan Sistem Kultur Statis, Semi-kontinyu dan Kontinyu Terhadap Produktivitas dan Kualitas Kultur *Spirulina* sp. *Jurnal Matematika dan Sains.* Vol 14(2): 53-61.
- Suminto dan Hirayama, K. 1996. Effect of Bacterial Coexistence on The Growth of Marine Diatom *Chaetoceros gracilis*. *Fisheries Science.* 62(1): 40-43.
- Suprpto, a. 2004. Auksin. Zat Pengatur Tumbuh penting Meningkatkan Mutu Stek Tanaman. *Jurnal Penelitian Inovasi.* Vol 21(1): 81-90.
- Taw, N.D.R. 1990. Petunjuk Pemeliharaan Kultur Murni dan Massal Mikroalga. Proyek Pengembangan Budidaya Udang: *United Nations Development Programme Food and Agriculture Organization of The Unite Nation.* US. 34 hlm.
- Tolase, S., Cakli, S., and Ostermeyer, U. 2005. Determination of astaxanthin and canthaxanthin in salmonoid. *Eur. Food. Res. Technol.* 221: 787-791.
- Utami, Yuniarti, Kiki. 2012. Pertumbuhan *Chlorella* sp. yang dikultur pada perioditas cahaya yang berbeda. [Skripsi]. Semarang: Universitas Padjajaran.
- Vonshak, A. 1997a. *Spirulina*: Growth, Physiology and Biochemistry. Di dalam:

Vonshak A. (editor). *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-biology and Biotechnology. Taylor and Francis.

Widyawantik. 2018. Pengaruh Fotoperiode Yang Berbeda terhadap pertumbuhan, Produksi Biomasa, Klorofil-A dan Kadar Protein *Nitzschia* sp.[Skripsi]. Malang: fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Witono, J.R.B., Miryanti, Y.I.P.a., Santoso, H., Justina, A. 2018. Studi Awal Pertumbuhan dan Induksi Mikroalga *Haematococcus pluvialis*. *Jurnal Rekayasa Hijau*. Vol 3(2): 1-7.