

PENGARUH INTENSITAS PENCAHAYAAN UV TERHADAP PELEPASAN *Zooxanthellae* PADA KARANG *Acropora* sp. dalam SKALA LABORATORIUM

The Effect of Ultra Violet Intensity on the Release of Zooxanthellae in Coral Acropora sp. in Laboratory Scale

Dewi Pertiwi Nusantara, Pujiono Wahyu Purnomo, Supriharyono
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto Tembalang-Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224-7474698
Email : dewinusantara97@gmail.com

Diserahkan tanggal 28 Maret 2019, Diterima tanggal 13 Mei 2019

ABSTRAK

Intensitas cahaya merupakan faktor penting terhadap biota karang dalam mendukung pertumbuhan karang, atau sebaliknya dapat menyebabkan *bleaching Zooxanthellae* dari *polyp* karang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas dan lamanya pemaparan pencahayaan UV terhadap laju pelepasan *Zooxanthellae* pada karang *Acropora* sp serta *recovery*-nya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 – Januari 2019, di Laboratorium Histopatologi BBPBAP Jepara. Spesimen karang *Acropora* sp. diberikan perlakuan penyinaran secara Fotoperiode dan terus-menerus dengan lampu uv 10 watt, 15 watt dan kondisi normal; dengan ulangan tiga kali. Sampel karang *Acropora* sp. diambil dari perairan Pulau Panjang Jepara. Pengamatan dilakukan pada interval waktu ke- 0, 12, 24, 36, 48, 60, dan 72 jam. Parameter utama yang diamati adalah laju pelepasan *Zooxanthellae* dan peubah pendukung yaitu kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas pencahayaan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pelepasan *Zooxanthellae*, semakin tinggi dan pencahayaan yang terus menerus mengakibatkan *bleaching* total *Zooxanthellae* pada *Acropora* sp. Pelepasan *Zooxanthellae* pencahayaan UV secara terus-menerus lebih besar dari pada perlakuan secara fotoperiode (1881 sel/jam > 731 sel/jam).

Kata kunci: *Acropora* sp; *Coral Bleaching*; *Ultra violet*; *Zooxanthellae*

ABSTRACT

The light intensity is an important factor for polyp coral in supporting coral growth, or otherwise can cause bleaching of coral. The aims of this research are to evaluate the influence of intensity and the length of ultra violet lighting exposure to the rate of the release of Zooxanthellae in Acropora sp. and their recovery. The research was carried out in December 2018 to January 2019, in the Histopatologi Laboratory of BBPBAP Jepara. Coral Acropora sp. Was given continuous and fotoperiode light treatment with ultra violet lights 10 watts, 15 watts and normally condition; with three times replications. Samples of Acropora sp. were taken from Panjang Island Jepara. The periode of observation are 0, 12, 24, 36, 48, 60, and 72 hours. The main parameters observed are the release of Zooxanthellae and water quality as supporting variables. The result showed that the intensity of ultra violet lighting influence significantly on the release of Zooxanthellae. The higher of intensity and continuous lighting caused total bleaching of Zooxanthellae in Acropora sp. The continuous release of Zooxanthellae UV lighting is greater than photoperiod treatment (1881 cells / hour > 731 cells / hour).

Keywords: *Acropora* sp; *Coral Bleaching*; *Ultra Violet*; *Zooxanthellae*

PENDAHULUAN

Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan terumbu karang. Intensitas cahaya yang tinggi dapat menyebabkan kelebihan energi yang diserap oleh *Zooxanthellae* sehingga bisa menonaktifkan sistem fotosintesis, sedangkan rendahnya cahaya yang diterima akan menurunkan laju fotosintesis (Whitehead *et al.*, 2000). Efek radiasi matahari pada proses kimia dan biologi di lingkungan laut tergantung pada intensitas dan distribusi spectrum yang dikarakteristikan sebagai UV (UV-C 200-280 nm, UV-B 280-320 nm, UV-A 320-400 nm) Whitehead *et al.*, (2000). Meningkatnya

penurunan ozon (peningkatan serapan UVR) dapat menyebabkan kejadian *bleaching* atau hilangnya *Zooxanthellae* sebagai pewarna alami dari jaringan karang (Siringoringo, 2007). Menurut Yvonne *et al.*, (2016), kejadian pemutihan karang skala luas diperkirakan akan terjadi semakin sering dengan intensitas yang sangat meningkat.

Karang dapat menjadi sangat rapuh terhadap kenaikan radiasi sinar ultraviolet (UV) karena menipisnya lapisan ozon (Westmacott, 2000). Terumbu karang yang dangkal seringkali dapat terkena radiasi ultraviolet dosis tinggi (280-400 nm) UVR (Perez dan Armstrong, 2012). Menurut Lesser *et al.*, (1990) pada waktu yang bersamaan, antara radiasi fotosintesis

aktif = PAR dan radiasi ultraviolet (UV) yang sangat tinggi dapat meningkatkan aktivitas enzim *superoksida dimutase*, *katalase* yang ada di dalam jaringan inang karang. Faktor tersebut dikaitkan dengan terjadinya pemutihan karang akibat radiasi ultraviolet yang bersamaan dengan suhu tinggi mengganggu proses fotosintesis, dikarenakan faktor tersebut dapat mengaktifkan atau meningkatkan oksigen. Oksigen yang aktif tersebut menjadi sangat toksik karena berubah menjadi *hydrogen peroksida* dan menyebabkan terlepasnya *Zooxanthellae* dari inangnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencahayaan UV baik secara fotoperiod maupun terus menerus terhadap pelepasan *Zooxanthellae* pada karang *Acropora* sp. dan laju pelepasannya serta untuk mengetahui kemampuan *recovery* karang *Acropora* sp. setelah mengalami pencahayaan

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 – Januari 2019 di Laboratorium Histopatologi Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara.

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Zooxanthellae* karang *Acropora* sp. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi koloni karang *Acropora* sp. air laut filtrasi, aquades, *Zooxanthellae*, dan alkohol 70%. Peralatan yang digunakan untuk uji laboratorium meliputi: *cool box*, *Hand counter*, pipet tetes, gelas plastik, pH meter, DO meter, *refraktometer*, termometer, tang pemotong, mikroskop *optilab*, *haemocytometer*, *cover glass*, saringan *Zooxanthellae*, lampu UV 10 dan 15 watt, 4 buah Akuarium, kertas karbon, roll kabel, alu dan mortar, aerator, alat tulis, kamera, timbangan elektrik, *aluminium foil*, dan *valcon*.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu suatu cara untuk mengetahui hubungan sebab akibat dengan cara memberikan satu atau lebih perlakuan dan membandingkan hasilnya untuk dilihat pengaruhnya terhadap obyek penelitian yang dilakukan Utomo *et al.*, (2013). Perlakuan yang diujikan adalah penerapan cahaya UV 0 (tanpa UV), 10 Watt UV dan 15 Watt UV pada media yang berisi karang *Acropora* sp. dengan pengulangan 3 kali.

1. Perlakuan Pencahayaan UV Terhadap Sampel Karang

Karang yang dicobakan adalah jenis *Acropora* sp. sebagai jenis yang dominan di kawasan *reef flat* Pulau Panjang Jepara yang berdekatan dengan laboratorium. Sebelum dicobakan specimen karang diaklimatisasi pada media yang sesuai dengan habitatnya terutama (suhu, salinitas dan pH) pada *conical tank* 1 ton. Media aklimatisasi ini diberikan aerasi.

Pada penelitian ini perlakuan fotoperiode diujikan lebih dulu, yang kemudian dilanjutkan dengan perlakuan secara terus-menerus. Perlakuan secara fotoperiode diberikan berdasarkan adanya cahaya matahari di siang hari (12 jam) dan tidak ada cahaya matahari di malam hari (12 jam) atau berdasarkan lamanya pencahayaan harian matahari, yang

disebut sebagai fotoperiode. Sedangkan pada pengujian yang kedua, sampel karang dalam akuarium uji di sinari secara terus-menerus. Pada akuarium (B,E) dan (C,F) disinari UV selama 12 jam yaitu dari pukul 06.00 – 18.00 WIB. Sedangkan akuarium (A,D) ditempatkan dalam ruangan yang terkena sinar matahari dan udara bebas. Selanjutnya, untuk tahapan pengamatan dan perhitungan densitas *Zooxanthellae* dilakukan pada interval waktu ke- 0, 12, 24, 36, 48, 60, dan 72 jam dengan tiga kali ulangan bersamaan dengan pengukuran kualitas air. Pengulangan sebanyak tiga kali dilakukan untuk memperoleh rerata nilai *Zooxanthellae*.

2. Pengamatan densitas *Zooxanthellae* dan Kualitas Air

Cara menghitung densitas *Zooxanthellae* dengan mengambil sebagian *polyp* karang *Acropora* sp. dicacah pelan menggunakan mortar dan alu, kemudian dilakukan pengenceran dalam 10 ml aquades. Setelah itu dipindahkan kedalam *ependov*. Materi cacahan tersebut disaring menggunakan saringan *Zooxanthellae* (Asmiati, *et.al* 2017), Selanjutnya, dilakukan pengamatan dengan menggunakan *haemocytometer* dan diamati secara langsung kelimpahan *Zooxanthellae* dibawah mikroskop perbesaran 100x dan dihitung jumlah selnya menggunakan bantuan alat *hand counter* (Fachrurrozie *et al.*, 2012). Cara kerja penghitungan menggunakan kotak sedang menurut Nordemar *et al.*, (2003) yaitu sebagai berikut:

- Membersihkan *Petroff-Hauser Counting Chamber* atau *haemocytometer* dengan alkohol 70 % lalu mengeringkan dengan tisu, kemudian meletakkan gelas penutup di atas alat hitung;
- Menambahkan $\pm 50 \mu\text{l}$ suspensi sel (kira-kira 1 tetes) dengan cara meneteskan pada kaca (*sample introduction point*) pada alat hitung. Kemudian meletakkan di atas meja benda mikroskop dan cari fokusnya pada perbesaran 10 x 10, dan
- Hitung sampel, paling tidak sebanyak 5 kotak sedang (lebih banyak lebih baik). Hasil perhitungan dirata-rata kemudian hasil rata-rata dimasukkan rumus untuk kotak sedang. Jika dilakukan pengenceran, maka jumlah sel/ml dikalikan faktor pengenceran.

Menurut Khuzma *et al.*, (2016) Rumus untuk menghitung jumlah sel/cm² *Zooxanthellae* yaitu:

$$D = \frac{D \times P \times 10000}{L} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

D : Densitas *Zooxanthellae*; Q : Jumlah Perhitungan; P : Pengenceran 10000 : Konversi 0.1 mm³ menjadi 1 cm³;
L : Luas Fragmen Karang.

Perhitungan luas permukaan karang dilakukan dengan membungkus fragmen sampel karang menggunakan *aluminium foil* sampai fragmen karang tertutup menyeluruh. Kemudian *aluminium foil* dilepas dan diletakkan di atas kertas milimeter blok untuk dilakukan perhitungan luas fragmen karang yang diambil. Teknik ini mengikuti cara Mwaura *et al.*, (2009) atau metode *aluminium foil* (marsh). Peubah kualitas air yang diukur adalah DO, suhu, salinitas dan pH. Pengukurannya dilakukan bersamaan dengan pengamatan densitas *Zooxanthellae*.

3. Pengolahan Data dan Analisis Data

Pelepasan densitas *Zooxanthellae* dari sampel fragmen karang *Acropora* sp. diperoleh dengan menghitung jumlah sel yang ditemukan per cm luas permukaan karang sesuai rumus berikut:

$$\text{Pelepasan } Zooxanthellae = \frac{\sum D \text{ awal} - \sum D \text{ akhir}}{\text{waktu akhir}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan : D= Densitas (kepadatan).

Pengaruh penyinaran UV terhadap pelepasan *Zooxanthellae* dianalisis dengan uji ANOVA satu arah untuk menguji signifikansi data dan analisa regresi linier sederhana menggunakan program komputer yaitu *Microsoft Excel*.

4. Recovery Sampel Koloni Karang

Pada tahapan ini, semua sampel koloni karang yang telah dilakukan pengamatan dipindahkan dalam akuarium besar yang telah terisi air laut terfiltrasi serta terpasang aerator. Kemudian dilakukan pengamatan selama 3 x 24 jam dan 6 x 24 jam untuk mengetahui apakah karang mampu pulih (sehat) atau tetap pada kondisi sebelumnya. Pengamatan ini hanya dilakukan dengan melihat kondisi secara visual saja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Perubahan Warna Karang

Zooxanthellae merupakan *algae* uniselular yang bersifat mikroskopik, hidup dalam berbagai jaringan karang yang transparan dan menghasilkan energi langsung dari cahaya matahari melalui fotosintesis, biasanya *Zooxanthellae* ditemukan dalam jumlah yang besar dalam setiap *polyp*, hidup bersimbiosis dan menyumbangkan energi dari fotosintesis sebesar 90% kebutuhan karbon *polyp* Rembet (2012). Hubungan *Zooxanthellae* dengan karang sangat mempengaruhi pola warna pada karang. Perubahan pola warna terjadi karena menurunnya kelimpahan *Zooxanthellae* pada *polyp* karang.

Berdasarkan Lama Penyinaran Secara Fotoperiode

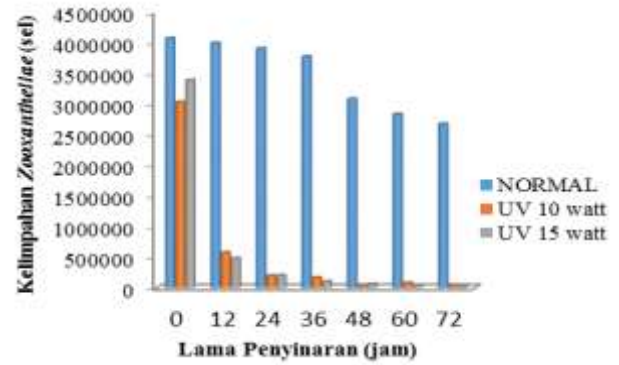
Perlakuan pencahayaan UV secara periodic (fotoperiode) dilakukan selama 12 jam dan kemudian dimatikan dan diperlakukan kembali selama 12 jam mengikuti pola pencahayaan alami. Perubahan warna karang berdasarkan penyinaran periodic selama pengamatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Lama Penyinaran Secara Terus-menerus

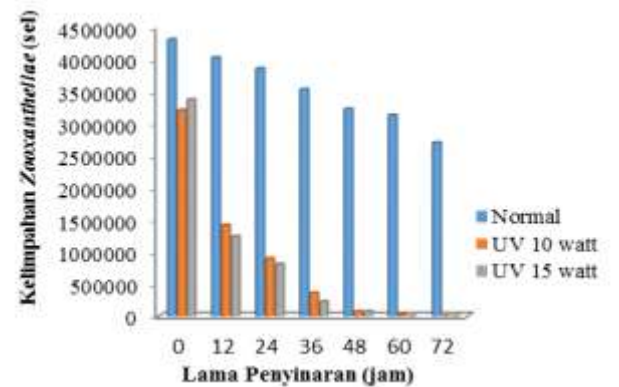
Pola perubahan warna karang setelah mengalami pencahayaan secara terus menerus selama 72 jam disajikan pada Gambar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karang mengalami pemucatan akibat penyinaran UV, baik UV 10 watt maupun UV 15 watt pada penyinaran periode maupun terus menerus. Pada akhir percobaan (jam ke 72) memperlihatkan kondisi karang yang memutih khususnya pada penyinaran terus menerus dan bleaching parsial pada penyinaran periode (fotoperiod). Sedangkan kondisi karang pada perlakuan normal tidak memperlihatkan pemudaran warna yang menonjol.

2. Pengaruh Intensitas Pencahayaan UV Terhadap Densitas *Zooxanthellae*

Densitas *Zooxanthellae* pada sampel koloni karang *Acropora* sp. yang disinari UV 10 watt, 15 watt dan tanpa penyinaran adalah seperti pada Gambar 1. Sedangkan Pada tahapan *Recovery* menunjukkan bahwa tidak ada respon baik yang memperlihatkan bahwa sampel koloni karang tersebut akan pulih kembali (SR= 0%) pada perlakuan pencahayaan UV seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Penyinaran Periodik (Fotoperiod)



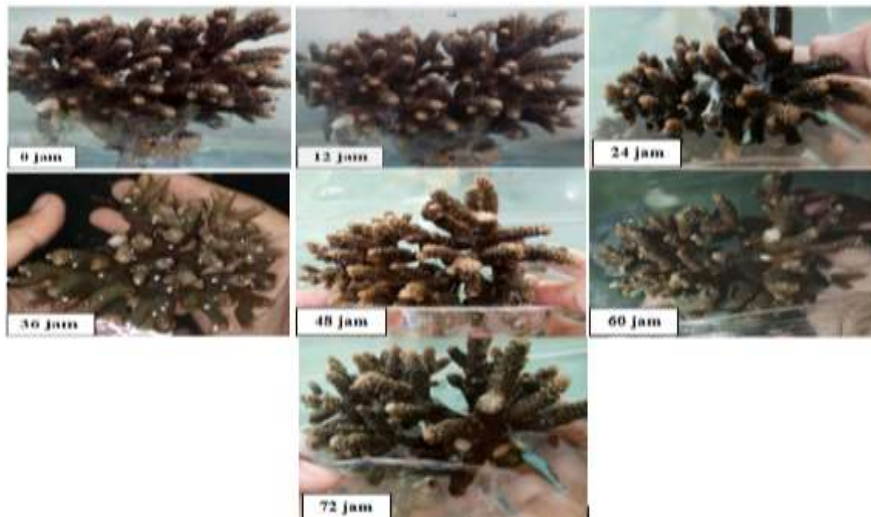
Berdasarkan data kelimpahan *Zooxanthellae* yang diperoleh, terlihat bahwa kelimpahan sel *Zooxanthellae* dengan lama penyinaran fotoperiode pada UV 10 watt keadaan awal berjumlah $3,03 \times 10^6$ sel/cm menjadi $4,10 \times 10^4$ sel/cm sedangkan, UV 15 watt berjumlah $3,38 \times 10^6$ sel/cm menjadi $2,10 \times 10^4$ sel/cm dan dalam keadaan normal berjumlah $4,06 \times 10^6$ sel/cm menjadi $2,67 \times 10^6$ sel/cm selama 72 jam. Pada perlakuan lama penyinaran uv secara terus-menerus, pada UV 10 watt keadaan awal berjumlah $3,20 \times 10^6$ sel/cm setelah 72 jam menjadi 0 sel/cm (terjadi pelepasan sempurna), sedangkan UV 15 watt berjumlah $3,36 \times 10^6$ sel/cm menjadi 0 sel/cm (pelepasan sempurna) pada waktu jam ke 60. Hal ini menunjukkan bahwa lamanya waktu penyinaran dan tingginya intensitas UV yang diberikan membuat kelimpahan *Zooxanthellae* semakin menurun dan karang mengalami kematian. Kelimpahan *Zooxanthellae* tersebut mengalami penurunan berdasarkan tingginya perlakuan penyinaran.

Parameter Kualitas Air

Hasil analisis kualitas media inkubasi karang selama penelitian adalah bahwa oksigen terlarut mempunyai kisaran antara 3,64 – 4,30 mg/l. Menurut Raymonth (1963) dalam Muhlis (2011) karang dapat tumbuh pada kondisi DO dengan kadar diatas 3,5 mg/l. Oleh karenanya nilai DO pada berada dalam kisaran normal untuk pertumbuhan *Zooxanthellae* yaitu rata-rata. Sementara itu pengamatan suhu berkisar antara 28,7 – 31,8 °C. Salinitas media yang diukur berkisar antara 30-30,8 ‰. Atas dasar hal tersebut maka sesuai dengan pernyataan

Supriharyono (2007) dan Dahuri (2007) dalam Thovyan *et al.*, (2017) maka lingkungan dengan kisaran suhu dan salinitas tersebut masih memperlihatkan kualitas yang optimum untuk

karang. Demikian juga pH media yang berkisar antara 6-7 menunjukkan kisaran lingkungan air laut yang normal, berdasarkan KLH No. 2 (1988) dalam Nugraha (2016), kisaran pH yang baik bagi kehidupan biota laut 6-9



a: Tanpa Perlakuan Penyinaran UV



b: Perlakuan Penyinaran UV 10 watt

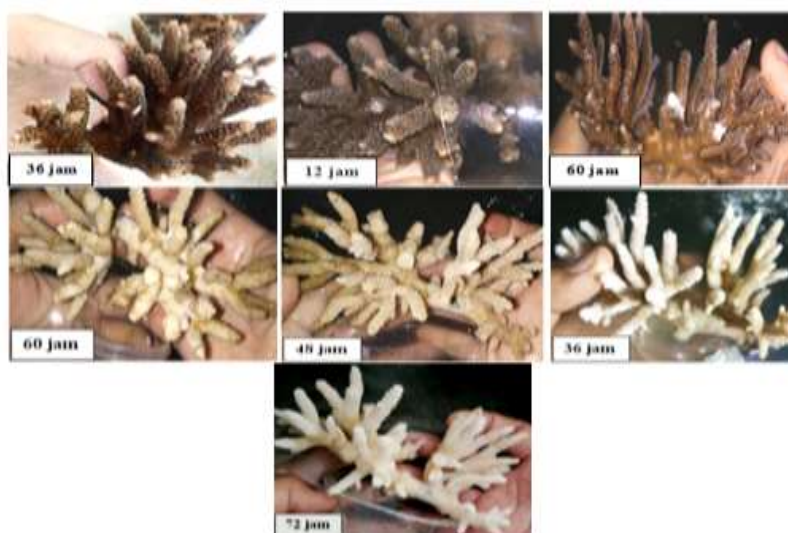


c: Perlakuan Penyinaran UV 15 watt

Gambar 2. Perubahan Warna Karang pada Pencahayaan Fotoperiode (0-72 jam)



a: Tanpa Perlakuan Penyinaran UV



b: Perlakuan Penyinaran UV 10 watt



c: Perlakuan Penyinaran UV 15 watt

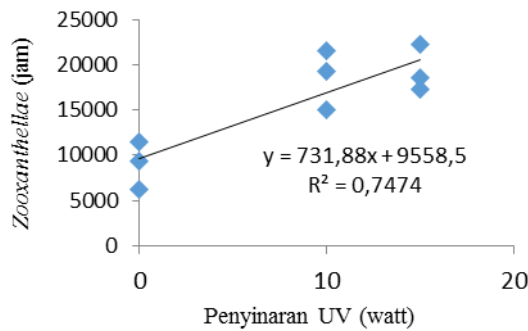
Gambar 3. Perubahan Warna karang Pada Pencahayaan Terus Menerus (72 jam)



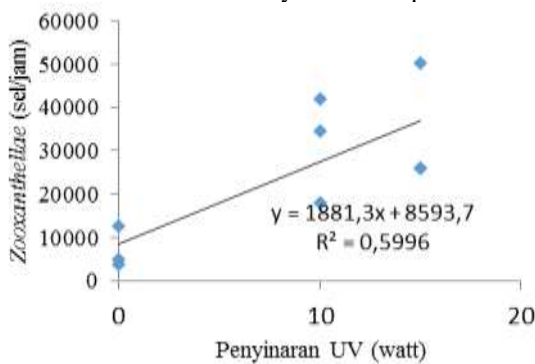
Gambar 4. Kondisi Visual Karang Setelah Recovery

Laju Pelepasan *Zooxanthellae*

Hasil analisis regresi terhadap laju pelepasan *Zooxanthellae* pada perlakuan penyinaran fotoperiode dan terus-menerus seperti yang disajikan pada Gambar 5.



a. Penyinaran fotoperiode



b. Penyinaran terus-menerus

Gambar 5. Perbedaan Laju Pelepasan *Zooxanthellae* Berdasarkan Periode Penyinaran

Berdasarkan dua grafik diatas maka terlihat bahwa laju pelepasan *Zooxanthellae* pada penyinaran UV terus-menerus lebih besar dari pada penyinaran secara fotoperiode. Laju pelepasan *Zooxanthellae*

pada penyinaran UV secara terus-menerus sebesar = 1881 sel/jam. Sedangkan pelepasan *Zooxanthellae* pada perlakuan UV secara fotoperiode sebesar = 731 sel/jam.

Recovery Sampel Koloni Karang

Recovery karang diukur berdasarkan kemampuan karang untuk mempertahankan warnanya. recovery tersebut diukur dengan cara memindahkan sampel setelah mendapatkan penyinaran dan dipindahkan pada media normal. Lama pengamatan recovery adalah 3 x 24 jam. Hasilnya adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Kondisi visual sampel karang setelah upaya recovery menunjukkan bahwa tidak ada respon baik (SR = 0%) untuk pulih kembali baik pada penyinaran periodic 10 maupun 15 Watt. Sementara itu pada media tanpa penyinaran UV dapat pulih kembali (SR = 100%).

Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa cahaya mempunyai peran penting bagi karang. Pada perlakuan tanpa penyinaran UV, karang *Acropora* sp. yang disinari masih memperlihatkan kemampuan untuk bertahan dengan kelangsungan hidup (SR 100%). Dalam hal ini respon terhadap densitas *Zooxanthellae* masih stabil. Ini menunjukkan bahwa karang mampu merespon sisi positif dari cahaya sebagai pendukung fotosintesis. Namun demikian dengan adanya perlakuan penyinaran menunjukkan adanya degradasi densitas *Zooxanthellae* dan karang mengalami kematian.

Intensitas cahaya yang terlalu kuat bisa menyebabkan pemutihan karang karena mengganggu sistem fotosintesis *Zooxanthellae* (Wouthuyzen, 2015). Seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 1 dan 2) dimana pola perubahan warna lebih cepat terjadi pada intensitas cahaya yang lebih tinggi. Ini membuktikan bahwa cahaya, bersama-sama dengan adanya *Zooxanthellae* merupakan faktor lingkungan yang mengontrol distribusi vertikal karang. Menurut Hill (2009) cahaya yang intens menyebabkan pemutihan karang, dimana *Zooxanthellae* dikeluarkan dari jaringan karang. Peningkatan serapan UVR dapat menyebabkan kejadian *bleaching* atau hilangnya *Zooxanthellae* sebagai pewarna alami dari jaringan karang,

dalam hal ini terpisahnya alga yang bersimbiosis (*Zooxanthellae*) dari induk karang Wilkinson (2000) dalam Siringoringo (2007).

Perlakuan penyinaran ini juga menyebabkan karang mengalami *stress* dengan banyaknya lendir atau sel *mucus* yang dikeluarkan dan lama-kelamaan mengendap kebawah menutupi bagian bawah akuarium. Menurut Rifa'i *et al.*, (2013) *stress* dapat mengakibatkan warna tubuh karang mengalami keputihan yang dikenal dengan istilah *bleaching*. *Bleaching* disebabkan adanya redaksi densitas populasi *Zooxanthellae*, reduksi pigmen-pigmen fotosintesis atau kombinasi keduanya. Selama peristiwa pemutihan, karang kehilangan 60-90% jumlah *Zooxanthellae* pada jaringan tubuhnya dan *Zooxanthellae* yang masih tersisa dapat kehilangan 50-80% dari pigmen fotosintesisnya.

Adanya penekanan penyinaran ultraviolet yang diberikan diduga telah membuat karang mengalami *bleaching*, karang tak mampu melakukan fotosintesis dikarenakan tidak mendapatkan cahaya matahari yang dibutuhkan, namun hanya mendapatkan spectrum ultravioletnya saja. Pengaruh pemanasan akibat radiasi cahaya ultraviolet dapat membahayakan karang melalui gangguannya terhadap membran lipid dan protein permukaan jaringan polip karang (Shick *et al.*, 1996; Lesser, 2000) dalam Purnomo (2016). Pengaruh dari radiasi ultraviolet pada hubungan inang karang dan simbiosis *Zooxanthellae* membuat kondisi semakin memburuk karena terjadi kondisi *hyperoksik* selama siang (Purnomo, 2016) dan fotoautotropik simbiosis menghasilkan oksigen yang lebih besar dibandingkan dengan konsumsinya untuk respirasi (Mangum dan Johansen, 1982; Chalker *et al.*, 1985; Shick, 1990) dalam Purnomo (2016). Hal tersebut mengakibatkan terjadinya tekanan oksidasi dalam ikatan simbiosis tersebut. Peningkatan oksigen ini dapat merangsang terbentuknya hydrogen peroksida dan hidroksil serta radikal superoksida. Fenomena ini dinamakan *Oxidative Theory of Coral*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu pemberian pencahayaan UV terhadap karang *Acropora* sp. berpengaruh sangat nyata terhadap pelepasan *Zooxanthellae*, baik dengan perlakuan secara fotoperiode maupun secara terus-menerus. Semakin tinggi kuantitas penyinaran dan perlakuan pemancaran cahaya yang diberikan maka semakin besar jumlah pelepasan *Zooxanthellae* pada karang. Pelepasan *Zooxanthellae* dengan pencahayaan UV secara terus-menerus lebih besar dari pada perlakuan secara fotoperiode (1881 sel/jam > 731 sel/jam). *Recovery* karang pada kedua penyinaran mempunyai kelangsungan hidup 0%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Suryanti, M.Pi dan Sigit Febrianto, S. Kel, M.Si, yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Asmiati., R. D. Palupi dan Ira. 2017. Densitas *Zooxanthellae* Berdasarkan Bentuk Pertumbuhan Karang di Perairan

Kessilampe dan Bungkutoko Kendari. Sapa Laut. 2(2): 37-44.

Fachrurrozie, A., M. P. Patria, dan R. Widiarti. 2012. Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya Terhadap Kelimpahan *Zooxanthellae* Pada Karang Bercabang (Marga: *Acropora*) Di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Jurnal Akuatika*. 3(2): 115-124.

Hill, R., K. E. Ulstrup dan P. J. Ralph. 2009. *Temperature Induced Changes In Thylakoid Membrane Thermostability Of Cultured, Freshly Isolated, and Expelled Zooxanthellae From Scleractinian Corals*. *Bulletin of Marine Science*. 85(3): 223-244.

Khuzma, N. L., A. Suryanto dan P. W. Purnomo. 2016. Hubungan Kandungan Nitrat Dengan Densitas *Zooxanthellae* Pada Beberapa Jenis Karang Di Reef Flat Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta. *Diponegoro Journal of Maquares*. 5(4): 293-301.

Lesser, M. P., W. R. Stochaj., D. W. Tapley dan J. M. Shick. 1990. *Bleaching in Coral Reef Anthozoans: Effects of Irradiance, Ultraviolet radiation, and Temperature on The Activities of Protective Enzymes Against Active Oxygen*. *Coral Reefs*. 8: 225-232.

Muhlis. 2011. Ekosistem Terumbu Karang dan Kondisi Oseanografi Perairan Kawasan Wisata Bahari Lombok. Berk. Penel Hayati. (16): 111-118. DOI: 10.23869/bphjbr.16.2.20112.

Mwaura, J., G. Grimsditch., J. Kilonzo., N. Amiyo, dan D. Obura. 2009. *Zooxanthellae Densities are Highest in Summer Months in Equatorial Corals in Kenya*. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci*. 8(2): 193-202. DOI: 10.4314/wiojms.v8i2.56980.

Nordemar, I., M. Nystrom dan R. Dizon. 2003. *Effects of Elevated Seawater Suhu and Nitrate Enrichment on The Branching Coral Porites cylindrica In The Absence of Particulate Food*. *Marine Biology*. 142: 667-669.

Nugraha, M. A., D. Purnama., M. D. Wilopo dan Y. Johan. 2016. Kondisi Terumbu Karang Di Tanjung Gosongseng Desa Kahyapu Pulau Enggano Provinsi Bengkulu. *Jurnal Enggano*. 1(1): 43-56. DOI: <https://doi.org/10.31186/jenggano.1.1.43-56>

Perez, J.L and R.A. Armstrong. 2012. *Effects of UV radiation on the growth, photosynthetic and photoprotective components, and reproduction of the Caribbean shallow-water coral Porites furcata*. *Coral Reefs*. 31: 1077-1091.

Purnomo, P. W. 2011. Pengaruh Pengkayaan *Zooxanthellae* dari Berbagai Sumber Inang Terhadap Proses Translokasi dan Kalsifikasi Binatang Karang. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor (IPB): Bogor.

Rifa'i, M. A., A. Tuwo., Budimawan dan A. Niartiningsih. 2013. Densitas Simbiosis Alga *Zooxanthellae* pada Anemon Laut *Stichodactyla gigantea* Alam dan Hasil Reproduksi Aseksual. *Jurnal Natur Indonesia*. 15(1): 15-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.31258/jni.15.01.15-23>.

Rembet, U. N. W. J. 2012. Tinjauan Teoritis Simbiosis *Zooxanthellae* dan Karang Sebagai Indikator Kualitas Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Ilmiah Platax*. 1(1): 2302-3589.

Siringoringo, R. M. 2007. Pemutihan Karang dan Beberapa Penyakit Karang. *Oseana*. 27(4) : 29-37.

- Supriharyono. 2007. Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang. Jakarta: Djambatan.
- Thovyan, A. I., V. Sabariah dan D. Parenden. 2017. Persentase Tutupan Terumbu Karang di Perairan Pasir Putih Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 1(1): 67-80. DOI: 10.30862/jsai-fpik-unipa.2017.Vol.1.No.1.22
- Utomo, P., Kurniawan., Y. S. Dewi., F. A. Wijaya., C. Ten dan R. N. Swandari. 2013. Pengaruh Ukuran Fragmen dan Metode Transplantasi Terhadap Pertumbuhan Karang *Pacillopora damicornis* dan *Polyphyllian talpina* di Teluk Awur, Jepara. www.academia.edu.
- Westmacott, S., K. Teleki., S. Wells dan J. West. 2000. Pengelolaan Terumbu Karang yang Telah Memutih dan Rusak Kritis. Inggris : IUCN (The World Conservation Union).
- Whitehead, R. F., S. J. de Mora and S. Demers. 2000. *Enhanced UV Radiation (a New Problem For The Marine Environment)*. New York: Cambridge University Press.
- Wouthuyzen, S., M. Abrar, dan J. Lorwens. 2015. Pengungkapan Kejadian Pemutihan Karang Tahun 2010 di Perairan Indonesia Melalui Analisis Suhu Permukaan Laut. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 1(3): 305-327. <https://doi.org/10.5072/FK2/DNNGOV>.
- Yvonne, I. P., I. Ramli., H. Y. Dewanto., N. S. Adi., P. Yudiarso., M. Abrar., Giyanto., D. Prabuning., M. I. H. Putra., A. Siagian., R. Ardiwidjaya, dan B. Subhan. 2016. Panduan Pemantauan Pemutihan Karang. Jakarta: Direktorat Konservasi Dan Keanekaragaman Hayati Laut Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Kementerian Kelautan Dan Perikanan.