

**PENGARUH PERBEDAAN INTENSITAS CAHAYA TERHADAP KELIMPAHAN
ZOOXANTHELLA PADA KARANG BERCABANG (MARGA: *Acropora*) DI PERAIRAN
PULAU PARI, KEPULAUAN SERIBU**

Achmad Fachrurrozie, Mufti Petala Patria, dan Riani Widiarti
Laboratorium Biologi Kelautan, Departemen Biologi FMIPA-UI
Universitas Indonesia, Depok 16424
Email : rianiwid@sci.ui.ac.id

ABSTRAK

Keberhasilan proses transplantasi karang sangat tergantung pada kelimpahan zooxanthella. Semakin padat jumlah zooxanthella dalam karang, maka akan semakin tinggi efisiensi pertumbuhan karang dalam suatu perairan. Cahaya sangat mempengaruhi kelimpahan zooxanthella pada karang, dimana semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin besar pula kelimpahan zooxanthella. Penelitian mengenai perbedaan intensitas cahaya terhadap kelimpahan zooxanthella pada karang bercabang di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu telah dilakukan pada bulan April 2012. Penelitian dilakukan dengan cara menutup ujung cabang koloni karang dengan plastik terang (intensitas cahaya $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), plastik setengah gelap (intensitas cahaya $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), dan plastik gelap (intensitas cahaya $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$) selama 4 hari. Zooxanthella dalam fragmen karang dikeluarkan dengan cara dipanaskan, dan kelimpahannya dihitung di bawah mikroskop. Data hasil penelitian ditabulasi dan dianalisis menggunakan uji Regresi Linier dan uji ANAVA satu arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan zooxanthella mengalami penurunan dibandingkan kontrol ($1.302.425 \text{ sel}/\text{cm}^2$) yaitu pada perlakuan 1, perlakuan 2, dan perlakuan 3 dengan jumlah masing-masing $1.201.644 \text{ sel}/\text{cm}^2$, $933.944 \text{ sel}/\text{cm}^2$, dan $507.458 \text{ sel}/\text{cm}^2$. Hasil analisis statistik juga menunjukkan korelasi positif antara kelimpahan zooxanthella dengan kenaikan intensitas cahaya.

Kata kunci : kelimpahan zooxanthella, perbedaan intensitas cahaya, dan pulau pari

ABSTRACT

The succeed of coral transplantation process is depend on the abundance of zooxanthellae. The higher zooxanthellae abundances, the higher coral growth efficiency would be in the waters. Abundance of zooxanthellae in coral polyps tend to be influenced by light intensity. Higher light intensity will caused greater abundance of zooxanthellae. Research about light intensity variations to the abundance of zooxanthellae on coral branching at Pari Island, Kepulauan Seribu was conducted in April 2012. The study was conducted by covering the end of coral colonies with the bright plastic bags (light intensity $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), half-dark plastic bags (light intensity $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), and dark plastic bags (light intensity $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$) for 4 days. Zooxanthellae inside coral fragments were expelled by heating, and the abundance were counted under microscope. Data were tabulated and analyzed using Regression Linear test and one way ANAVA test. The result showed that abundance of zooxanthellae has decreased than control ($1.302.425 \text{ cell}/\text{cm}^2$), which were treatment 1, 2, and 3 with amount of $1.201.644 \text{ cell}/\text{cm}^2$, $933.944 \text{ cell}/\text{cm}^2$, and $507.458 \text{ cell}/\text{cm}^2$, respectively. The statistic analysis also showed positive correlation between zooxanthellae abundance and light intensity.

Keywords : light intensity variations, pari island, and zooxanthellae abundance

I. PENDAHULUAN

Terumbu karang selain merupakan salah satu ekosistem perairan tropik yang produktif, juga tidak terlepas dari ancaman yang berpotensi menyebabkan kerusakan. Penyebab kerusakan terumbu karang dapat dibagi menjadi dua, yaitu akibat kegiatan manusia dan pengaruh alam. Kerusakan yang disebabkan oleh kegiatan manusia menjadi ancaman utama bagi keselamatan terumbu karang (Dahuri, 2000).

Kerusakan terumbu karang meningkat setiap tahun akibat ketergantungan manusia terhadap sumber daya hayati ekosistem terumbu karang. Burke *dkk.* (2002) menyatakan bahwa ancaman utama terumbu karang adalah penangkapan ikan yang berlebihan dan merusak, sedimentasi, dan pencemaran yang berasal dari daratan. Menurut Setiawan *dkk.*, (2011), akibat aktivitas manusia, kondisi terumbu karang di Kepulauan Seribu mengalami penurunan dari tahun 2005 sampai tahun 2007. Persentase tutupan karang keras pada tahun 2005 adalah sebesar 31,45% dan turun menjadi 28,86% pada tahun 2007.

Kerusakan terumbu karang dapat dilihat dari adanya kerusakan fisik dan fisiologis. Kerusakan fisik ditandai dengan koloni karang yang hancur, cabang-cabang yang patah, dan koloni karang yang terangkat dari substratnya. Kerusakan fisiologis dapat dilihat dari perubahan warna karang yang sebelumnya cerah menjadi memudar bahkan

putih (*bleaching*) (Suharsono, 1998). Fenomena *bleaching* adalah pemutihan karang yang disebabkan keluarnya zooxanthella dari tubuh hewan karang atau berkurangnya konsentrasi pigmen fotosintesis pada zooxanthella. Zooxanthella adalah nama kelompok yang beranggotakan jenis-jenis mikroalga dari genus *Symbiodinium* (Tomas, 1997). Zooxanthella berada di dalam sel bagian dalam gastrodermis karang dan tersebar di seluruh koloni, serta berwarna kekuningan hingga coklat (Ried *dkk.*, 2011).

Keberadaan zooxanthella dalam karang menyebabkan pertumbuhan terumbu karang sangat terbatas pada perairan yang jernih dan relatif dangkal (<25 meter). Zooxanthella membutuhkan cahaya matahari yang cukup untuk melakukan fotosintesis (Rani *dkk.*, 2004). Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang sehingga kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula. Hal tersebut akan memengaruhi kecepatan pembentukan terumbu karang. Berkurangnya cahaya yang masuk ke perairan dapat disebabkan oleh sedimentasi, kedalaman, dan kenaikan permukaan air laut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kuhl *dkk.*, (1995), gelombang cahaya yang dibutuhkan zooxanthella untuk fotosintesis adalah berkisar antara 550-600 nm.

Pemulihan terumbu karang yang sudah rusak umumnya membutuhkan waktu yang

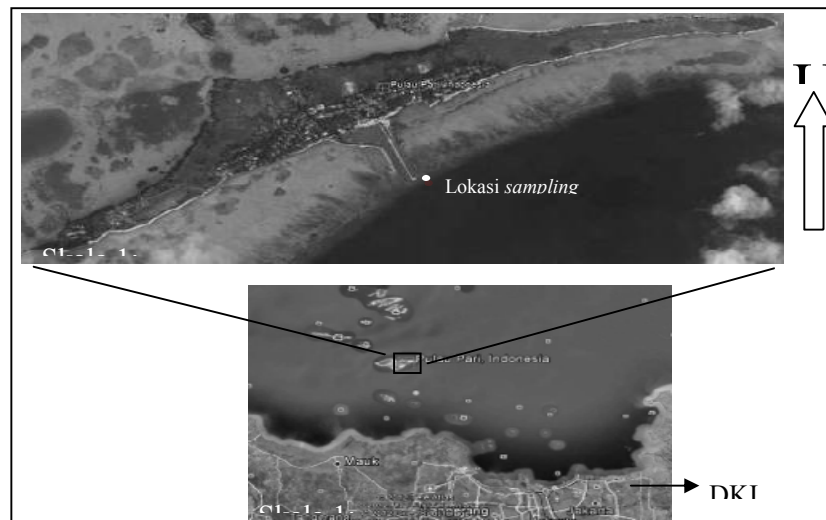
cukup lama. Salah satu usaha yang dilakukan dalam pemulihan terumbu karang adalah transplantasi karang. Transplantasi karang berperan dalam mempercepat regenerasi terumbu karang yang telah rusak dan menambah jumlah karang dewasa dalam populasi terumbu karang sehingga dapat meningkatkan produksi planula. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan proses transplantasi karang sangat tergantung pada kelimpahan zooxanthella pada karang itu sendiri (Rani *dkk.*, 2004). Semakin padat jumlah zooxanthella maka akan semakin tinggi efisiensi pertumbuhan karang dalam suatu perairan (Rani *dkk.*, 2004). Cahaya sebagai faktor penting dalam proses fotosintesis sangat memengaruhi kelimpahan zooxanthella pada terumbu karang. Intensitas cahaya yang rendah dapat menyebabkan jumlah zooxanthella pada karang menjadi berkurang dan sebaliknya (Steele, 1976; Mwaura, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan zooxanthella akibat perbedaan intensitas cahaya pada koloni karang dari tipe *life form* bercabang (*branching*). Melalui riset ini diharapkan akan diperoleh informasi mengenai intensitas cahaya yang paling optimal terhadap kelimpahan zooxanthella, sehingga paling efektif untuk dapat digunakan dalam usaha pengembangan teknologi transplantasi karang bagi kepentingan konservasi dan budidaya.

II. DATA DAN PENDEKATAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu pada tanggal 4-8 April 2012. Pengambilan sampel dilakukan pada posisi 106°37'15.04" BT dan 5°51'39.75" LS. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi dan Peta Pulau Pari (Sumber: Google Earth, 2012)

Lokasi tersebut memiliki persentase tutupan karang bercabang yang cukup baik, yaitu mencapai 25 % dari keseluruhan tutupan karang yang berada di lokasi. Selain itu, juga memiliki aksesibilitas yang baik sehingga memudahkan pemberian perlakuan dan pengamatan.

2.2 Alat dan Bahan

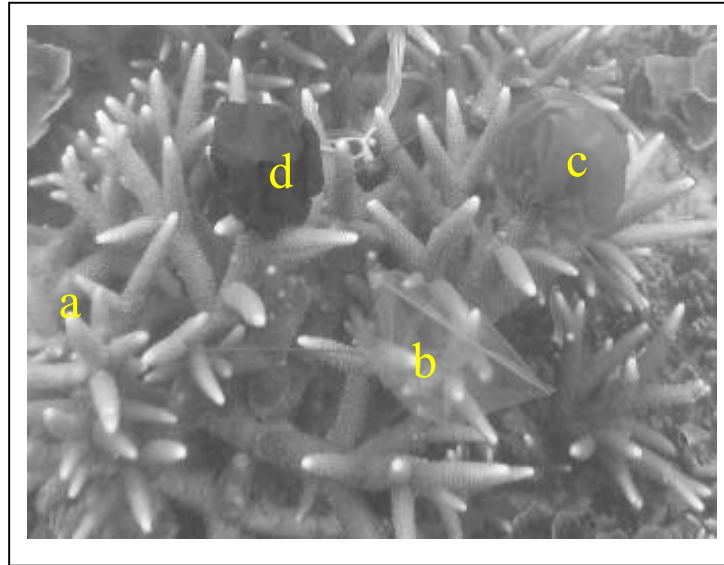
Peralatan yang digunakan dalam penelitian dibedakan menjadi 2, yaitu peralatan pengambilan sampel dan peralatan laboratorium. Peralatan yang digunakan pada saat pengambilan sampel di lapangan antara lain perlengkapan *snorkeling* (*masker*, *snorkel*, dan *fins*), *lux meter*, plastik terang dengan penetrasi intensitas cahaya $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, plastik setengah gelap dengan penetrasi intensitas cahaya $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, dan plastik gelap dengan penetrasi intensitas cahaya $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, *coral health chart*, refraktometer, pH indikator universal, termometer batang, DO meter, kamera digital, meteran, alat pengukur arus, alat tulis, papan mika, botol sampel, dan plastik sampel. Peralatan yang digunakan di laboratorium adalah millimeter blok, pipet, *object glass*, *cover glass* 18 x 18, mikroskop, *beaker glass* (500 ml), *hot plate*, dan *counter*. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah fragmen koloni karang bentuk bercabang (*branching*) dari marga *Acropora*, air laut, *aluminium foil*, dan formalin 40%.

2.3. Pemilihan Sampel Koloni Karang

Pengambilan sampel koloni karang dilakukan pada kedalaman 80-150 cm. Koloni karang bercabang di lokasi *sampling* diamati menggunakan *coral health chart* untuk mengetahui koloni karang yang sehat. Sampel koloni karang yang sehat dijadikan sebagai obyek penelitian. Koloni karang yang menjadi sampel adalah karang bercabang dari marga *Acropora* sebanyak 24 fragmen koloni karang.

2.4. Perlakuan Pengaruh Cahaya terhadap Sampel Karang

Koloni karang dari tipe bercabang yang dijadikan sampel diberi perlakuan pada hari ke-1 dengan cara menutup ujung cabang koloni dengan plastik terang (intensitas cahaya $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), plastik setengah gelap (intensitas cahaya $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), dan plastik gelap (intensitas cahaya $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$), untuk menghalangi masuknya cahaya matahari selama 4 hari. Kontrol tidak ditutup dengan plastik (Gambar 2). Setelah itu, pengukuran intensitas cahaya dilakukan setiap hari pada masing-masing perlakuan menggunakan *luxmeter* di kedalaman 80-150 cm. Ujung cabang koloni kemudian diambil sepanjang ± 5 cm pada hari ke-4, dan dimasukkan ke dalam botol sampel yang berisi air laut, masing-masing sebanyak tiga kali pengulangan untuk kemudian diambil reratanya.



Gambar 2. Penutupan ujung karang dengan plastik

Keterangan:

- a. Kontrol (intensitas $65 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)
- b. Perlakuan 1 : Plastik terang (intensitas $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)
- c. Perlakuan 2 : Plastik setengah gelap (intensitas $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)
- d. Perlakuan 3 : Plastik gelap (intensitas $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)

2.5. Pengambilan Sampel Zooxanthella

Mula-mula setiap fragmen dari sampel koloni karang yang diambil dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah berisi air laut sebanyak 100 ml. Setelah itu sampel dipanaskan, yaitu dengan penambahan suhu air hingga $\pm 45 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 10 menit menggunakan *hot plate* dengan tujuan untuk mengeluarkan zooxanthella yang terdapat di polip karang. Fragmen karang selanjutnya dipersiapkan untuk penghitungan luasan karang. Air laut dalam *beaker glass* yang telah berisi sampel zooxanthella diberi formalin 40%, kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi keterangan.

2.6. Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan

Parameter lingkungan perairan diambil setiap hari mulai dari hari ke-1 sampai hari ke-4 untuk mengetahui fluktuasi harian. Parameter lingkungan yang diambil meliputi suhu (dengan termometer), salinitas (dengan refraktometer), pH (dengan pH-indikator), kedalaman (dengan meteran), kecepatan arus (dengan alat pengukur arus), kandungan oksigen (dengan DO-meter), dan intensitas cahaya (dengan *lux-meter*). Selain pengukuran intensitas cahaya di perairan, pengukuran intensitas cahaya juga dilakukan di luar perairan.

2.7. Proses Pencacahan Sel Zooxanthella

Proses pencacahan dilakukan dengan cara meneteskan sampel air laut yang berisi

zooxanthella di atas *object glass* kemudian ditutup dengan *cover glass*. Setelah itu, sampel diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 x. Zooxanthella yang terlihat dihitung dengan bantuan *counter* dan dicatat.

2.8. Penghitungan Luas Permukaan Karang

Penghitungan luas permukaan karang dilakukan dengan membungkus fragmen koloni karang dengan aluminium foil. Selanjutnya aluminium foil dilepaskan dan diletakkan di atas milimeter blok untuk pengukuran luas. Penghitungan luas permukaan karang sesuai dengan metode Marsh (1970). Data hasil penghitungan luas permukaan karang dicatat.

2.9. Pengolahan Data dan Analisa Data

Kelimpahan sel diperoleh berdasarkan perhitungan terhadap jumlah sel yang ditemukan per luasan karang (sel/cm^2). Kemudian hubungan antara kelimpahan sel dan intensitas cahaya dianalisis dengan uji statistik Regresi Linier untuk melihat korelasi antar variabel, dan ANAVA satu arah untuk menguji signifikansi data menggunakan *software* komputer SPSS 17.

III. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil penghitungan jumlah sel zooxanthella, diperoleh data kelimpahan sel zooxanthella per luasan karang yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelimpahan sel zooxanthella/luas permukaan karang (sel/cm^2)

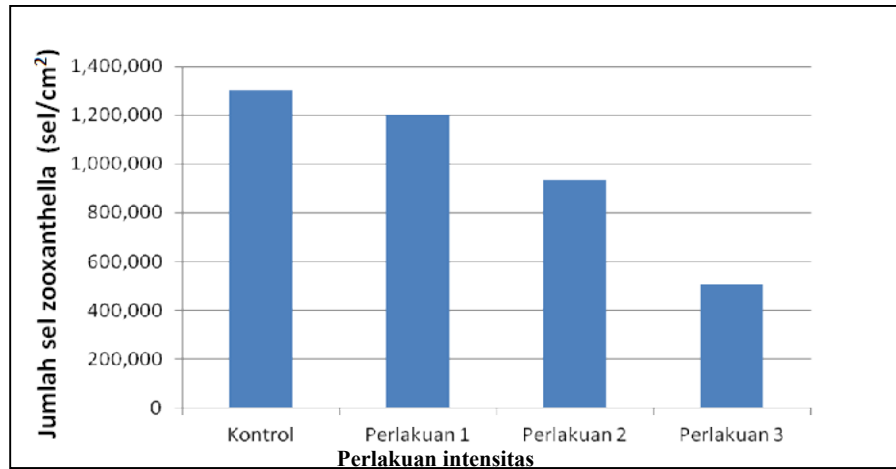
Tipe <i>Life Form</i>	Perlakuan	Intensitas Cahaya ($\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$)	Jumlah Zooxanthella/luas permukaan karang (sel/cm^2)
Bercabang	Kontrol	65	1.302.425
	Perlakuan 1	58	1.201.644
	Perlakuan 2	26	933.944
	Perlakuan 3	0	507.458

Berdasarkan data yang diperoleh, terlihat bahwa kelimpahan sel zooxanthella pada kontrol dengan intensitas cahaya $65 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ (perairan dengan kedalaman 100 cm) berjumlah $1.302.425 \text{ sel}/\text{cm}^2$. Jumlah zooxanthella mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya intensitas cahaya (Gambar 3). Penurunan kelimpahan tersebut terlihat pada perlakuan 1 dengan intensitas

cahaya $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, perlakuan 2 dengan intensitas cahaya $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, dan perlakuan 3 dengan intensitas cahaya $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$, yang berjumlah masing-masing $1.201.644 \text{ sel}/\text{cm}^2$, $933.944 \text{ sel}/\text{cm}^2$, dan $507.458 \text{ sel}/\text{cm}^2$. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan zooxanthella pada polip karang tergantung kepada intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan. Hasil penelitian yang

diperoleh menunjukkan bahwa jumlah zooxanthella pada karang bercabang di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu dalam kisaran normal. Secara umum, jumlah

zooxanthellae yang terkandung pada terumbu karang normal adalah berkisar antara $0,23-1,75 \times 10^6$ sel/cm² (Costa & Amaral, 2000).

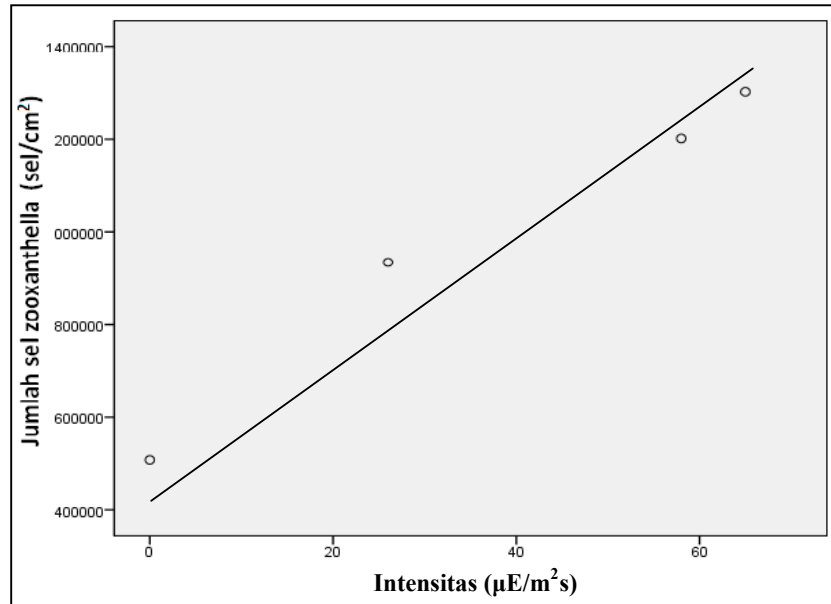


Gambar 3. Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang (sel/cm²)

Berdasarkan hasil pengamatan, kelimpahan zooxanthella semakin menurun pada perlakuan 2 (intensitas cahaya $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$) dan perlakuan 3 (intensitas $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$). Zooxanthella merupakan mikroalga autotrof dari kelompok Dinoflagellata yang membutuhkan cahaya untuk melakukan proses metabolisme berupa fotosintesis (Rani *dkk.*, 2004). Oleh karena itu, berkurangnya intensitas cahaya yang masuk ke perairan dapat menghambat proses fotosintesis, yang berdampak pula terhadap jumlah zooxanthella yang mampu bertahan di dalam polip karang. Intensitas cahaya yang dibutuhkan zooxanthella untuk berfotosintesis berkisar antara $50-90 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ (Farrant, *et. al.*, 1987). Berkurangnya cahaya yang masuk ke perairan

dapat pula disebabkan oleh sedimentasi. Sedimentasi menyebabkan perairan di sekitar terumbu karang menjadi keruh. Hal tersebut akan berdampak terhadap jumlah zooxanthellae yang berada pada terumbu karang (Rogers, 1990).

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji Regresi Linier, hubungan antara intensitas cahaya dan kelimpahan zooxanthella memiliki korelasi yang positif. Hal tersebut terlihat dari persamaan $Y = 11664,693 X + 551857,923$. Hal tersebut menunjukkan kelimpahan zooxanthella berbanding lurus dengan kenaikan intensitas cahaya. Hubungan korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara intensitas cahaya dengan kelimpahan sel zooxanthella.

Hasil uji ANAVA satu arah juga menunjukkan nilai signifikansi 0.012 pada $P \leq 0.05$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa

masing-masing perlakuan berbeda nyata secara statistik.

Tabel 2. Hasil analisis uji ANAVA satu arah

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.694E11	1	3.694E11	82.487	.012 ^a
	Residual	8.956E9	2	4.478E9		
	Total	3.783E11	3			

Hasil pada perlakuan 3 dengan intensitas cahaya 0 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ menunjukkan masih adanya zooxanthella, walaupun dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan perlakuan lainnya. Zooxanthella memiliki daya tahan dan plastisitas yang tinggi (Hill, *et al.*, 2009; Mwaura, 2009). Oleh karena itu, zooxanthella dapat menyesuaikan diri dengan cepat pada lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu, keberadaan

zooxanthella pada perlakuan 3 juga dapat disebabkan oleh pemberian perlakuan penutupan karang yang kurang lama sehingga masih ada zooxanthella yang masih dapat bertahan dalam keadaan gelap.

Penelitian ini menunjukkan bahwa usaha transplantasi karang masih dapat optimal dilakukan pada kedalaman 90-200 cm, yaitu pada intensitas cahaya 58 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ -65 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$. Kedalaman perairan berkaitan erat

dengan cahaya yang masuk ke perairan. Semakin tinggi kedalaman suatu perairan, maka intensitas cahaya yang masuk akan semakin berkurang. Intensitas cahaya yang sedikit akan menghambat zooxanthella dalam melakukan proses fotosintesis (Jones & Yellowlees, 1997). Hal tersebut mengakibatkan persediaan makanan karang terbatas sehingga berdampak terhadap pertumbuhan karang.

Berdasarkan data parameter lingkungan (Tabel 3), dapat dilihat bahwa faktor lingkungan yang teramati pada saat pengambilan sampel masih berada dalam kisaran pertumbuhan bagi zooxanthella maupun koloni karang. Pertumbuhan zooxanthella diketahui berada pada suhu 25-38°C, dan salinitas 28-34‰ (Farrant, *et al.*, 1987 ; Hill, *et al.*, 2009).

Tabel 3. Data parameter lingkungan

Hari ke-	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	Arus (m/s)	Kedalaman (cm)	DO (mg/l)
1	30	33	6	0.33	96	7,2
2	30	31	6	0.08	100	7,8
3	31	30	6	0.08	95	8,5
4	29	29	6	0.05	110	7,3

IV. KESIMPULAN

1. Kelimpahan zooxanthella mengalami penurunan dibandingkan kontrol ($1.302.425 \text{ sel/cm}^2$), yaitu pada perlakuan 1 (intensitas cahaya $58 \mu\text{E/m}^2\text{s}$), perlakuan 2 (intensitas $26 \mu\text{E/m}^2\text{s}$), dan perlakuan 3 (intensitas $0 \mu\text{E/m}^2\text{s}$) dengan jumlah masing-masing $1.201.644 \text{ sel/cm}^2$, 933.944 sel/cm^2 , dan 507.458 sel/cm^2 .
2. Perbedaan intensitas cahaya dapat menyebabkan perbedaan kelimpahan zooxanthella yang terdapat pada koloni karang, dimana kenaikan intensitas cahaya berbanding lurus dengan kenaikan kelimpahan zooxanthella.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Drs. Wisnu Wardhana, M.Si dan Ibu Dra. Titi Soedjiarti, SU atas saran dan masukan yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Anargha Setiadi, Idham Sumarto Pratama, dan Jane Sarah Giat, yang telah membantu dalam proses perlakuan dan pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Burke, L., E. Selig & M. Spalding. 2002. *Terumbu karang yang terancam di Asia Tenggara*. Terj. dari *Reef at risk in Southeast Asia*. World Resources Institute, USA: 44 hlm.
- Costa, C.F. & F.D. Amaral. 2000. *Density and size differences of symbiotic*

- dinoflagellates from five reef-building coral species from Brazil. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*: 159-162.
- Dahuri, R. 2000. *Kebijakan dan strategi pengelolaan terumbu karang Indonesia. Prosiding pengelolaan dan IPTEK terumbu karang Indonesia*: 1-16.
- Farrant, P. A., M. A. Borowitzka, R. Hinde, & R. J. King. 1987. *Nutrition of the temperate Australian soft coral Capnella gaboensis. Marine Biology* **95**: 565-574.
- Hill, R., K. E. Ulstrup, & 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.
- Jones, R. J. & D. Yellowlees. 1997. *Regulation and control of intracellular algae (= zooxanthellae) in hard corals. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* **352**: 457-468.
- Kaleka, D.M.W. 2004. *Transplantasi karang batu marga Acropora pada substrat buatan di perairan Tablolong kabupaten Kupang. Falsafah Sains* **702**: 1-8.
- Kuhl, M., Y. Cohen, T. Dalsgaard, B.B. Jorgensen, & N.P. Revsbech. 1995. *Microenvironment and photosynthesis of zooxanthellae in scleractinian corals studied with microsensor for O₂, pH, and light. Mar. Ecol. Prog. Ser.* **117**: 159-172.
- Mwaura, J., G. Grimsditch, J. Kilonzo, Nassir Amiyo, & D. Obura. 2009. *Zooxanthellae densities are highest in Summer Months in equatorial Coral in Kenya. Western Indian Ocean J. Mar. Sci. Vol.* **8**(2): 193-202.
- Rani, C., J. Jompa, & Amiruddin. 2004. *Pertumbuhan tahunan karang keras Porites lutea di Kepulauan Spermonde: hubungannya dengan suhu dan curah hujan. Torani* **14**(4): 195-203.
- Reid, C., J. Marshall, D. Logan, & D. Kleine. 2011. *Terumbu karang dan perubahan iklim : Panduan pendidikan dan pembangunan kesadartahuan. Coral Watch, The University of Queensland, Australia*: 272 hlm.
- Rogers, C.S., 1990. *Responses of coral and reef organisms to sedimentation. Mar. Ecol. Prog. Ser.* **62**: 185-202.
- Setiawan, E., S. Yusri., & S. Timotius (ed.). 2011. *Terumbu karang Jakarta: Laporan pengamatan jangka panjang terumbu karang Kepulauan Seribu (2005-2009). Yayasan TERANGI, Jakarta*: vi + 102 hlm.
- Steele, R. D. 1976. Light intensity as a factor in the regulation of density of symbiotic zooxanthellae in *Aiptasia tagetes* (Coelenterata, Anthozoa). *J. Zool., Lond.* **179**: 387-405.
- Suharsono. 1998. Condition of coral reef resources in Indonesia. *Jurnal pesisir dan lautan* **1**(2): 44-52.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton. Academic Press, California*: xv + 858 hlm.