

PELEPASAN DENSITAS *Zooxanthellae* KARANG *Acropora* sp. PADA BEBERAPA TINGKAT SALINITAS

The Release of Zooxanthellae Density on Coral Acropora sp. at Some Level of Salinity

Zulfana Fikru Sifa, Pujiono Wahyu Purnomo, Diah Ayuningrum
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email: zulfanafikru@gmail.com

Diserahkan tanggal 24 Juni 2020, Diterima tanggal 15 Desember 2020

ABSTRAK

Ekosistem terumbu karang sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan laut, salah satunya salinitas. Tekanan salinitas tinggi (hipersaline) maupun rendah (hiposaline) dapat menyebabkan karang menjadi stress osmotik sehingga *zooxanthellae* akan keluar dari polip dan menyebabkan *bleaching* serta dapat mengakibatkan kematian karang dalam jangka panjang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi salinitas hipo dan hiper-salin terhadap densitas *zooxanthellae* serta hubungannya terhadap fotosintesis (NPP), respirasi dan *Gross Primary Productivity* (GPP). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan pada 13 November 2019 – 7 Februari 2020 di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP). Karang yang dipergunakan sebagai objek penelitian adalah *Acropora* sp. yang diambil dari perairan Pulau Panjang, Jepara. Konsentrasi salinitas yang digunakan yaitu 25 ‰, 30 ‰, 35 ‰ dan pengamatan dilakukan dengan interval waktu ke- 0, 3, 6 dan 9 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi salinitas berpengaruh nyata terhadap pelepasan *zooxanthellae*. Konsentrasi 25 ‰ menyebabkan tekanan pelepasan tertinggi dengan penurunan sebanyak 21 ekor per hari. Densitas *zooxanthellae* mempengaruhi nilai fotosintesis (NPP), respirasi dan *Gross Primary Productivity* (GPP) karang. Semakin rendah densitas *zooxanthellae* maka cenderung semakin rendah fotosintesis (NPP), respirasi serta *gross primary productivity* (GPP) karang *Acropora* sp.

Kata kunci: Salinitas; *zooxanthellae*; *gross primary productivity*; respirasi

ABSTRACT

Coral reef ecosystems are strongly influenced by marine environment factors, one of which is salinity. The effect of high salinity (hipersalin) and low salinity (hiposaline) on corals causes osmotic stress so that zooxanthellae will come out of polyps may cause bleaching and coral death in long-term exposure. The purpose of this study is determining the effect of several salinity concentrations on zooxanthellae density and their relationship to photosynthesis (NPP), respiration and primary productivity (GPP). This research used experimental method was conducted on November 13th – February 7th, 2020 at Coastal Development Laboratory (LPWP). Corals used as research objects are Acropora sp. taken from the waters of Pulau Panjang, Jepara. Acropora sp. is given salinity concentration treatment (25 ‰, 30 ‰, 35 ‰). Observations were made at 0, 3, 6 and 9 day time intervals. The results showed that the difference in salinity concentration significantly affected the density of zooxanthellae. Salinity concentration 25 ‰ treatment causing the highest zooxanthellae release pressure with a decrease of 21 animals per day. Zooxanthellae density affects the value of photosynthesis (NPP), respiration and gross primary productivity (GPP) of corals. The lower the zooxanthellae density, the lower the NPP, respiration and GPP of corals tends to be.

Keywords: salinitas; *zooxanthellae*; *gross primary productivity*; respiration

PENDAHULUAN

Karang adalah organisme penyusun utama ekosistem terumbu karang yang merupakan kumpulan hewan polip yang menghasilkan endapan kalsium karbonat yang bersimbiosis mutualisme dengan *zooxanthellae*. *Zooxanthellae* adalah dinoflagellata fototropik yang berada di dalam lapisan endoderm polip karang dengan jumlah yang besar pada setiap polipnya. *Zooxanthellae* melakukan fotosintesis dan memberikan 95% hasil fotosintesisnya (nutrisi dan energi) untuk karang dan memberikan warna pada karang (Santoso, *et al.*, 2006). Karbondioksida hasil metabolisme karang dimanfaatkan oleh *zooxanthellae* dan *zooxanthellae*

mendapatkan perlindungan karena hidup di dalam jaringan tubuh karang (Purnomo, *et al.*, 2010).

Ekosistem terumbu karang memiliki GPP yang tinggi dan keberadaannya sangat penting bagi makhluk hidup disekitarnya GPP di air yang jernih pada zona eutrofik mencapai 0.01–0.03 gC/m²/hari dan di perairan dangkal GPP fitoplankton dapat mencapai 1–2gC/m²/hari sedangkan GPP terumbu karang di daerah tropis dapat mencapai hingga 4–23 gC/m²/hari (Tac An *et al.*, 2013). Tingginya nilai GPP terumbu karang tersebut tidak terlepas dari adanya hubungan simbiosis dengan *zooxanthellae* yang menyediakan nutrisi bagi karang. Tingginya produktivitas primer karang akan menaikkan tingkat produktivitas sekunder sehingga banyak biota yang

hidup didalamnya. Namun, nilai GPP karang semakin lama dapat mengalami penurunan akibat terjadinya pemutihan (*bleaching*) yang mengakibatkan hilangnya *zooxanthellae* yang memberikan kontribusi terhadap *fitness* karang dan produktivitas primer bagi komunitas disekitarnya (Rifa'i, 2012).

Pemutihan karang terjadi ditandai dengan memudarnya warna karang menjadi putih. Pemutihan karang akibat hilangnya *zooxanthellae* terjadi karena paparan stress lingkungan. Hubungan simbiosis ini sangat sensitif terhadap gangguan lingkungan, misalnya perubahan salinitas, peningkatan suhu, nutrisi dan radiasi sinar matahari (Ochsenkuhn *et al.*, 2017). Salinitas menjadi salah satu faktor pembatas yang sangat mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan karang. Karang termasuk dalam kelompok biota *stenohaline* yaitu organisme yang hanya dapat beradaptasi dengan sedikit perubahan salinitas. Perubahan salinitas mengganggu proses elektrokimia normal sel dan menyebabkan berkurangnya metabolisme dalam organisme laut. (Kuanui, 2015).

Perubahan musim pada musim kemarau salinitas akan naik kemudian pada musim penghujan salinitas akan menurun. Hal tersebut menciptakan stress osmotik bagi karang sehingga karang akan mengurangi kontraksi polip dan meminimalkan kontak dengan air laut, akibatnya berkurangnya paparan cahaya terhadap *zooxanthellae*. Kondisi salinitas yang rendah (hiposaline) dan salinitas yang tinggi (hipersaline) pada karang akan mengakibatkan penurunan kinerja fotosintesis, pemutihan (*bleaching*) dan peningkatan kematian karang (Gegner *et al.*, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan salinitas terhadap densitas *zooxanthellae*, fotosintesis, respirasi dan gross primary productivity karang *Acropora* sp. serta mengetahui hubungan antara perubahan densitas *zooxanthellae* dengan fotosintesis (NPP), respirasi dan GPP.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 13 November – 7 Februari 2020 di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP) Jepara. Pengambilan sampel karang *Acropora* sp. menggunakan teknik simpel random sampling dan dilakukan di Pulau Panjang Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah karang *Acropora* sp. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi air laut filtrasi, aquades, alkohol 70 %, alumunium foil, garam NaCl dan air tawar. Peralatan yang digunakan untuk uji laboratorium adalah *cool box*, refraktometer, pH meter, DO meter, *hand counter*, pipet tetes, termometer, mikroskop, *haemocytometer*, *cover glass*, *sentrifuge*, *test tube*, alu mortar, alumunium foil, tang, aerator, akuarium, kamera, alat tulis, timbangan elektrik dan rol kabel.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang bertujuan untuk meneliti kemungkinan sebab akibat dengan mengenakan satu atau lebih kondisi perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan (Setyanto, 2015). Perlakuan yang diujikan adalah media karang

Acropora sp. dengan salinitas 25 ‰ sebagai lingkungan hiposaline, salinitas 30 ‰ sebagai lingkungan normal dan salinitas 35 ‰ sebagai lingkungan hipersaline. Pengukuran kualitas air media perlakuan dilakukan setiap hari. Hal ini dilakukan agar kualitas air media perlakuan tetap terjaga.

1. Pelakuan salinitas terhadap sampel karang

Karang *Acropora* sp. yang sudah diambil dari Pulau Panjang kemudian diaklimatisasi untuk mengadaptasikan karang terhadap kondisi lingkungan yang baru. Aerasi juga ditambahkan pada bak aklimatisasi. Pengujian dimulai setelah aklimatisasi karang selama 1 hari. Karang dimasukkan ke dalam media yang sudah disiapkan sesuai dengan salinitas perlakuan yaitu 25 ‰, 30 ‰ dan 35 ‰. Pengukuran fotosintesis (NPP), respirasi, GPP dan densitas *zooxanthellae* dilakukan pada interval waktu ke 0, 3, 6, dan 9 hari. Pengukuran *zooxanthellae* dilakukan pengulangan sebanyak dua kali agar didapatkan nilai rerata *zooxanthellae*.

2. Pengamatan densitas *zooxanthellae* dan Pengukuran Kualitas Air Media Perlakuan

Pengamatan densitas *zooxanthellae* dilakukan dengan menghaluskan karang terlebih dahulu menggunakan alu dan mortar. Tambahkan 10 ml aquades, kemudian dimasukkan kedalam test tube dan disentrifuge selama 15 menit. Pengamatan *zooxanthellae* menggunakan *haemocytometer* dibawah pengamatan mikroskop dengan perbesaran 100x dan dihitung menggunakan hand counter. Cara penghitungan densitas *zooxanthellae* menggunakan *haemocytometer* (Pangaribuan *et al.*, 2013) adalah sebagai berikut :

- Membersihkan *haemocytometer* dengan alkohol 70 % lalu keringkan dengan tisu
- Meletakkan gelas penutup di atas alat hitung
- Menambahkan ± 50 µl suspensi sel *zooxanthellae* (kira-kira 1 tetes) dengan cara meneteskan pada parit kaca (*spesimen introduction point*) pada alat hitung. Suspensi sel akan menyebar karena daya kapilaritas dan pastikan ruang terisi penuh tidak ada gelembung.
- Meletakkan alat hitung pada meja benda kemudian cari fokusnya pada perbesaran 10 x 10
- Hasil perhitungan dirata-rata kemudian hasil rataan dimasukkan rumus untuk kotak sedang. Jika dilakukan pengenceran maka dikalikan faktor pengenceran.

Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah sel/cm² pada kotak sedang adalah sebagai berikut :

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

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

Menurut Nusantara *et al.*, (2019), penghitungan luas permukaan karang dilakukan dengan membungkus fragmen koloni karang dengan alumunium foil. Selanjutnya alumunium foil dilepaskan dan diletakkan diatas milimeter blok untuk dilakukan penghitungan luas fragmen karang. Penghitungan luas permukaan karang ini sesuai dengan metode Marsh.

Pengukuran Kualitas Air Media Perlakuan dilakukan agar kualitas air media tetap terjaga. Variabel pengukuran kualitas air yang digunakan yaitu salinitas, suhu, pH dan

dissolved oxygen (DO). Pengukuran ini dilakukan pada waktu pagi hari dan sore hari.

3. Penghitungan fotosintesis (NPP), respirasi dan gross primary productivity (GPP) karang

Penghitungan dilakukan dengan menggunakan botol terang dan gelap. Karang dimasukkan kedalam botol terang dan gelap masing masing 1 koloni kemudian diinkubasi dalam akuarium yang terkena sinar matahari selama 4 jam. Inkubasi dilakukan pada pukul 09.30 – 13.30 WIB. Botol kemudian diambil dan diukur nilai Gross Primary Productivity (GPP), fotosintesis (NPP) dan respirasi. Menurut Lakastri *et al.*,(2018), rumus yang digunakan untuk menghitung GPP, NPP dan Respirasi yaitu sebagai berikut:

$$GPP \text{ (mgC/L/jam)} = 0,375 \frac{LB-DB}{N \times PQ} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Fotosintesis (NPP) (mgC/L/jam)} = 0,375 \frac{LB-IB}{N \times PQ} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Fotosintesis (NPP) (mgC/L/jam)} = 0,375 \frac{LB-IB}{N \times PQ} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :LB = Botol Terang (setelah inkubasi); DB = Botol Gelap (setelah inkubasi); IB = Kandungan O₂ awal sebelum inkubasi; PQ = *Photosynthesis Quotient*; RQ = *Respiration Quotient*; N = Lama Inkubasi

4. Pengolahan data dan analisis data

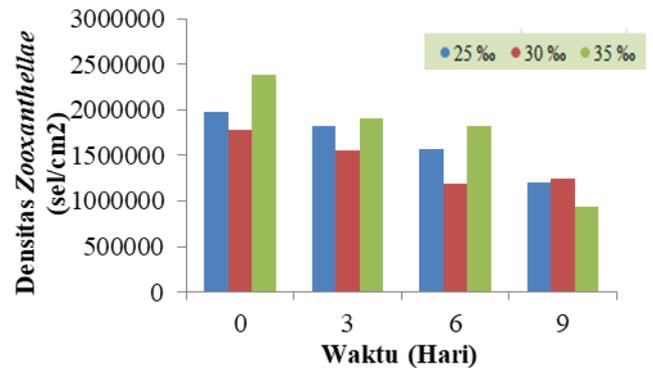
Analisis data yang digunakan yaitu uji ANOVA 2 Arah Post-Hoc Test (Uji Lanjut) untuk mengetahui seberapa besar perbedaan dari perlakuan konsentrasi salinitas yang diberikan menggunakan SPSS, sedangkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh antara densitas *zooxanthellae* dengan fotosintesis (NPP), respirasi serta GPP menggunakan analisis regresi sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

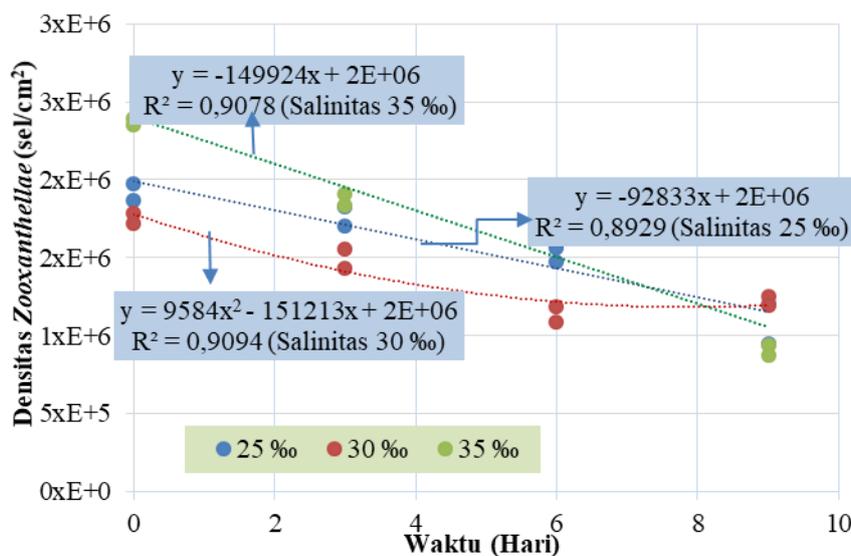
Pengaruh Salinitas Terhadap Densitas *Zooxanthellae*

Berdasarkan data densitas *zooxanthellae* yang diperoleh, terlihat bahwa dengan salinitas 25 ‰ (hiposalin) keadaan awal berjumlah keadaan awal berjumlah 1.971.831sel/cm² menjadi 1.201.657 sel/cm². Perlakuan salinitas 30 ‰ keadaan awal berjumlah 1.782.284 sel/cm² menjadi 1.249.656 sel/cm². Perlakuan salinitas 35 ‰ (hipersalin) berjumlah 2.390.071 sel/cm² menjadi 940.989 sel/cm². Pola perubahan densitas *zooxanthellae* ditunjukkan



Gambar 1. Densitas *zooxanthellae*

Pada salinitas 25 ‰ memiliki pola perubahan linier dengan pengurangan densitas *zooxanthellae* sebanyak 21 ekor per hari. Pada salinitas 35 ‰ memiliki pola perubahan linier dengan penurunan densitas *zooxanthellae* sebesar 15 ekor per hari, sedangkan pada salinitas 30 ‰ memiliki pola perubahan kuadratik, terjadi penurunan sampai hari ke-6 kemudian mengalami kenaikan pada hari ke-7 sebesar 7 ekor per hari. Berdasarkan hasil tersebut lingkungan hiposalin menyebabkan tingkat stress yang lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan hipersalin.



Gambar 2. Pola Perubahan Densitas *Zooxanthellae*

Perubahan Fotosintesis (NPP), Respirasi dan Gross Primary Productivity (GPP)

Berdasarkan Tabel 1., dapat diketahui bahwa nilai fotosintesis (NPP) pada ketiga perlakuan berfluktuasi, namun cenderung semakin lama semakin rendah. Tingkat fotosintesis paling tinggi pada perlakuan salinitas 30 ‰ sedangkan tingkat fotosintesis paling rendah pada perlakuan salinitas 35 ‰.

Berdasarkan Tabel 2., dapat diketahui bahwa nilai respirasi pada ketiga perlakuan cenderung semakin lama semakin rendah. Nilai respirasi pada salinitas 25 ‰ dan 35 ‰ cenderung semakin lama semakin rendah sedangkan pada salinitas 30 ‰ cenderung berfluktuatif.

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa nilai GPP cenderung semakin lama semakin rendah. Nilai GPP tertinggi pada salinitas 30 ‰ sedangkan nilai terendah pada salinitas 35 ‰

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4., dapat diketahui bahwa salinitas, waktu dan interaksi keduanya pada *zooxanthellae*, fotosintesis, respirasi serta GPP memiliki nilai taraf signifikansi (α) lebih kecil dari nilai taraf kepercayaan sebesar 0,05. Hal ini berarti bahwa terdapat perbedaan hasil pada *zooxanthellae*, fotosintesis, respirasi serta GPP karang berdasarkan konsentrasi salinitas, lamanya waktu pemaparan dan adanya interaksi antara keduanya. Hubungan antara densitas *zooxanthellae* dengan fotosintesis, respirasi dan GPP ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Nilai Fotosintesis (NPP) pada Media Perlakuan Salinitas

No.	Perlakuan	Ulangan	Fotosintesis (mgC/m ² /Jam)			
			0	3	6	9
1	25 ppm	1	207,03	166,41	233,59	135,16
		2	208,59	170,31	216,41	125
2	30 ppm	1	204,69	248,44	283,59	142,19
		2	208,59	239,06	285,16	134,38
3	35 ppm	1	188,28	216,41	3,19	13,28
		2	183,59	215,63	11,72	14,84

Tabel 2. Nilai Respirasi pada Media Perlakuan Salinitas

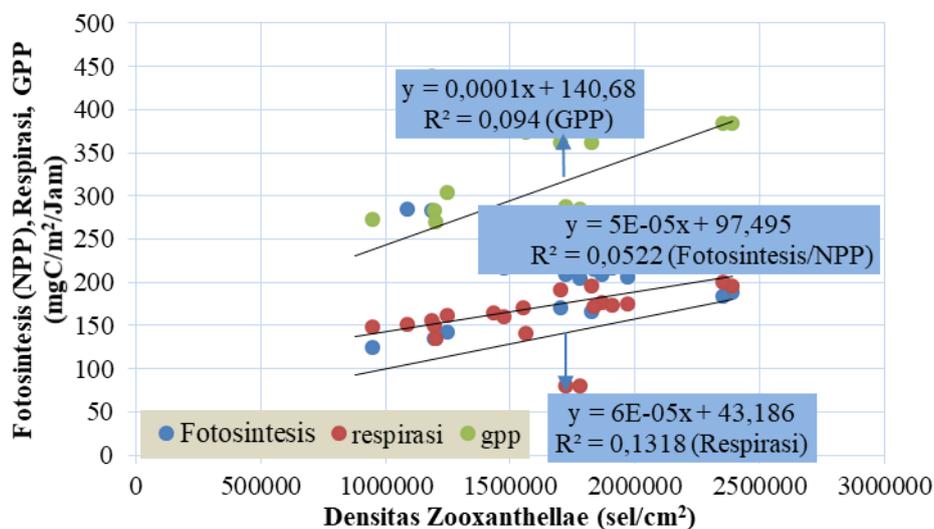
No.	Perlakuan	Ulangan	Respirasi (mgC/m ² /Jam)			
			0	3	6	9
1	25 ppm	1	175,00	195,31	140,63	135,16
		2	177,34	191,41	160,16	148,44
2	30 ppm	1	79,69	170,31	155,47	161,72
		2	79,69	164,06	151,56	149,22
3	35 ppm	1	195,31	174,22	2,34	5,47
		2	200,00	172,66	3,91	4,69

Tabel 3. Nilai GPP pada Media Perlakuan Salinitas

No.	Perlakuan	Ulangan	GPP (mgC/m ² /Jam)			
			0	3	6	9
1	25 ppm	1	382,03	361,72	374,22	270,31
		2	385,94	361,72	376,56	273,44
2	30 ppm	1	284,38	418,75	439,06	303,91
		2	288,28	403,13	436,72	283,59
3	35 ppm	1	383,59	390,63	6,25	18,75
		2	383,59	388,28	15,63	19,53

Tabel 4. Hasil Uji Analisis Annova 2 Arah terhadap hasil Densitas *Zooxanthellae*, Fotosintesis, Respirasi dan GPP

	Source	df	Mean Square	Sig.
<i>Zooxanthellae</i>	Salinitas	2	2,16352E+11	,000
	Waktu	3	9,5765E+11	,000
	Salinitas*Waktu	6	1,05196E+11	,000
Fotosintesis	Salinitas	2	26367,742	,000
	Waktu	3	16429,387	,000
	Salinitas*Waktu	6	9629,912	,000
Respirasi	Salinitas	2	10178,338	,000
	Waktu	3	8665,093	,000
	Salinitas*Waktu	6	8897,969	,000
GPP	Salinitas	2	61734,253	,000
	Waktu	3	43854,943	,000
	Salinitas*Waktu	6	32914,405	,000



Gambar 3. Hubungan Densitas *Zooxanthellae* Dengan Fotosintesis, Respirasi dan GP

Berdasarkan nilai R^2 yang diperoleh pada fotosintesis, respirasi maupun GPP, nilai $R^2 < 0,5$ sehingga dapat diartikan bahwa hubungan antara densitas *zooxanthellae* dengan nilai fotosintesis, respirasi dan GPP adalah lemah. Nilai P-value yang didapatkan pada fotosintesis (NPP) adalah 0,282, pada respirasi adalah 0,081 dan pada GPP adalah 0,145. Nilai P-value $< 0,05$ sehingga tidak ada pengaruh yang signifikan antara densitas *zooxanthellae* dengan fotosintesis (NPP), respirasi dan GPP. Meskipun tidak signifikan karena masing-masing konsentrasi memiliki respon yang berbeda, namun hasil yang didapatkan cenderung semakin rendah densitas *zooxanthellae* maka hasil fotosintesis, respirasi serta GPP semakin rendah dan begitupun sebaliknya.

Parameter Kualitas Air Media Penelitian

Hasil analisis kualitas media perlakuan karang selama penelitian adalah bahwa oksigen terlarut mempunyai kisaran antara 7,21 – 8,54 mg/l. Berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu perairan untuk biota laut, nilai ambang batas oksigen terlarut untuk biota laut adalah ≥ 5 mg/l. Oleh karena itu nilai DO pada berada dalam kisaran normal untuk pertumbuhan *Zooxanthellae* yaitu rata-rata. Sementara itu pengamatan suhu berkisar antara 28 – 30 °C. Menurut Kepmen LH No. 51 (2004), suhu optimal bagi pertumbuhan karang berkisar antara 28-30°C. Oleh karena itu suhu pada media perlakuan sangat mendukung bagi kehidupan karang. pH media juga mendukung kehidupan karang, yaitu berkisar 7,2-7,9. Berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu perairan untuk biota laut, nilai optimal pH untuk kehidupan biota laut adalah 7-8,5. Salinitas pada media perlakuan yang digunakan yaitu 25 ‰ sebagai lingkungan hiposaline, 30 ‰ sebagai lingkungan normal dan 35 ‰ sebagai lingkungan hipersalin.

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh salinitas menjadi peran penting bagi kehidupan karang. Pada perlakuan salinitas normal dengan konsentrasi 30 ‰ karang memperlihatkan ketahanan dengan sedikit penurunan pada awalnya kemudian terjadi pola kenaikan densitas *zooxanthellae*. Dalam hal ini berarti bahwa karang mampu beradaptasi dan hidup dengan baik. Namun dengan adanya perlakuan salinitas menyebabkan degradasi *zooxanthellae*.

Perlakuan salinitas 25 ‰ sebagai lingkungan hiposaline menyebabkan penurunan densitas *zooxanthellae*. Karang yang terpapar salinitas ini mengalami produksi mukus yang berlebihan, dan terjadi pemucatan warna. Respon fisiologis berupa perubahan warna merupakan respon sublethal karang. Pemaparan dengan jangka waktu yang lebih lama dapat menyebabkan pemutihan secara keseluruhan. Kondisi ini telah diamati, dan menimbulkan indikasi pemutihan setelah pemaparan 48 jam. Penelitian serupa diperlihatkan oleh Kerswell dan Jones, (2003); Seveso *et al.*, (2013). Proses keluarnya *zooxanthellae* menurut Brinch *et al.*, (2010), akibat paparan hiposaline karang akan mengalami mortalitas jaringan dan hilangnya *zooxanthellae*. Hal ini dikarenakan karang mengalami fraksi seluler dan kerusakan di dalam organel, misalnya ekspansi di area permukaan kloroplas, nukleus dan kerusakan mitokondria. Mitokondria sangat rentan terhadap kerusakan osmotik. Transpor elektron

mitokondria akan terganggu sehingga akan mengubah kapasitas redoks NADH dan meningkatkan oksigen reaktif (ROS) yang dapat merusak metabolisme sel. *Hyposaline* dalam kloroplas dapat menghambat transportasi elektron fotosintesis dan aktivitas katalase. Selanjutnya karang mengalami mortalitas jaringan dan hilangnya *zooxanthellae* sehingga menyebabkan pemutihan dan akhirnya kematian karang.

Perlakuan salinitas 35 ‰ sebagai lingkungan hipersalin menyebabkan penurunan densitas *zooxanthellae*. Karang pada perlakuan hipersalin mengalami produksi mukus yang berlebihan dan perubahan warna akibat berkurangnya *zooxanthellae* yang mengandung pigmen warna. Efek paparan hiposaline dan hipersalin menunjukkan respon yang hampir sama (Muthiga dan Szmant, 1987; Lirman dan Manzello, 2009). Durasi paparan hiperosmotik yang semakin lama akan mengakibatkan pengurangan densitas *zooxanthellae* sehingga fotosintesis menurun. Penurunan fotosintesis merupakan komponen penting dari respon pemutihan. Pada salinitas tinggi, penurunan densitas *zooxanthellae* terjadi akibat stress osmotik karena adanya ion inorganik tinggi di perairan. Menurut Cowlin, (2012), pada paparan hipersalin, konsentrasi ion inorganik yang tinggi yang ditemukan pada air laut seperti Na^+ , K^+ , dan Cl^- dapat menyebabkan gangguan pada fungsi makromolekul dan enzimatis sehingga menyebabkan disfungsi sel.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh keberadaan *zooxanthellae* sangat penting dalam kontribusi nutrisi bagi karang. Proses fotosintesis sangat dipengaruhi oleh kepadatan simbion alga dan kandungan klorofilnya. Penurunan densitas *zooxanthellae* menyebabkan penurunan hasil fotosintesis. Selain itu, pada karang uji terjadi pemucatan warna. Perubahan warna ini terjadi akibat berkurangnya pigmen warna yang terkandung dalam *zooxanthellae*. Akibat hal tersebut kemampuan *zooxanthellae* berfotosintesis berkurang dan hasil fotosintesis yang rendah. Semakin rendah densitas *zooxanthellae* maka hasil fotosintesis yang dihasilkan semakin rendah dan begitupun sebaliknya. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh Hoogenboom *et al.*, (2010) bahwa tingkat fotosintesis meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan simbion. Hal ini dikarenakan meningkatnya kepadatan simbion akan meningkatkan konsentrasi klorofil yang terkandung. Pigmen klorofil yang tinggi apabila terkena cahaya matahari yang cukup akan menghasilkan laju fotosintesis yang tinggi (Fachrurozzie, A., 2012).

Penurunan *zooxanthellae* juga mengakibatkan penurunan respirasi. Semakin rendah densitas *zooxanthellae* maka laju respirasi semakin rendah. Kondisi serupa juga diperlihatkan dalam penelitian Titlyanov *et al.*, (1999); Hoogenboom *et al.*, (2010). Hal tersebut diakibatkan karena respirasi *zooxanthellae* dapat mencapai 30% dari total respirasi karang (Titlyanov *et al.*, 1999). Selain itu, adanya efek stress osmotik akibat perubahan salinitas juga mengakibatkan semakin menurunnya respirasi. Energi yang seharusnya digunakan untuk respirasi digunakan untuk meningkatkan kapasitas energi sel untuk menghadapi perubahan lingkungan. Menurut Cowlin, (2012), tingkat respirasi yang lebih rendah mengurangi biaya metabolisme keseluruhan untuk pemeliharaan sel, sehingga meningkatkan

kapasitas energi sebuah sel untuk melawan perubahan lingkungan. Dengan demikian penurunan respirasi yang berkelanjutan sebagai respons terhadap perubahan salinitas menunjukkan kemampuan suatu organisme untuk menyesuaikan diri dengan kondisi osmotik yang berlaku.

Penurunan *zooxanthellae* juga menyebabkan penurunan pada GPP. GPP merupakan total hasil dari fotosintesis dan oksigen yang digunakan selama proses respirasi. Akibat penurunan *zooxanthellae* mengakibatkan penurunan hasil fotosintesis serta respirasi sehingga hasil GPP pun mengalami penurunan. Menurut Titlyanov (1999), penurunan kepadatan *zooxanthellae* mengakibatkan hilangnya kapasitas fotosintesis karang dan penurunan produktivitas primer.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu perlakuan salinitas sangat berpengaruh pada penurunan densitas *zooxanthellae* pada polip karang. Keadaan salinitas rendah (hiposalin) dan salinitas tinggi (hipersalin) akan meningkatkan pelepasan *zooxanthellae*. Lingkungan hiposalin memiliki tekanan pelepasan *zooxanthellae* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi hipersalin. Densitas *zooxanthellae* mempengaruhi nilai fotosintesis (NPP), respirasi dan GPP. Adanya kecenderungan semakin rendah densitas *zooxanthellae*, maka semakin rendah nilai fotosintesis (NPP), respirasi dan GPP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan dan memberikan semangat, kritik, dan saran untuk terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinch, A., Hemmingston, S.K.M., Tangga, S.R., Rosenquist, C. (2010). Environmental Impacts on Cellular Mechanisms within the Holobiont Leading to Coral Bleaching. *Nat Bas*, 14(2), 1-22.
- Cowlin, M. (2012). Osmoregulation and the Anthozoan-Dinoflagellate symbiosis. [Tesis]. Victoria University of Wellington. New Zealand. 133 hlm.
- Fachrurrozie, A., Patria, M.P., Widiarti, R. (2012). Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan *Zooxanthella* pada Karang Bercabang (Marga: *Acropora*) di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Jurnal Akuatika*, 3(2), 115-124.
- Gegner, H.M., Ziegler, M., Racdecker, M., Lopez, C.B., Aranda, M., Voolstra, C.R. (2017). High Salinity Conveys Thermotolerance In The Coral Model *Aiptasia*. *Biology Open*, 6, 1943-1948. DOI: 10.1242/bio.028878
- Hooenboom, Beraud M.E., Ferrier-Pagès, C. (2010). Relationship Between Symbiont Density and Photosynthetic Carbon Acquisition in the Temperate Coral *Cladocora caespitosa*. *Coral Reefs*, 29(1), 21-29. DOI: 10.1007/s00338-009-0558-9

- Kerswell, A.P., Jones, R.J. (2003). Effects of Hypo-osmosis on the Coral *Stylophora Istillata*: Nature and Cause of Low-Salinity Bleaching. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 145-154. DOI: 10.3354/meps253145
- Lakastri, L., Purnomo, P.W., Muskananfolo, M.R. (2018). Pengaruh Kedalaman Terhadap Produktivitas Primer dan Densitas *Zooxanthellae* pada Karang Dominan di Pulau Cemara Kecil, Karimunjawa. *Journal Of Maquares*, 7(4), 440-446.
- Lirman, D., Manzello, D. (2009). Patterns of Resistance and Resilience of the Stress Tolerant Coral *Siderastrea radians* (Pallas) to Sub-Optimal Salinity dan Sediment Burial. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, 369, 72-77. DOI: 10.1016/j.jembe.2008.10.024
- Muthiga, N.A., Szmant, A.M. (1987). The Effects of Salinity Stress On The Rates Of Aerobic Respiration And Photosynthesis In The Hermatypic Coral *Siderastrea siderea*. *Biol. Bull*, 173, 539-551. DOI: 10.2307/1541699
- Nusantara, D.P., Purnomo, P.W., Supriharyono. (2019). Pengaruh Intensitas Pencahayaan Uv Terhadap Pelepasan *Zooxanthellae* pada Karang *Acropora* sp. dalam Skala Laboratorium. *Saintek Perikanan*, 15(1), 46-53. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijfst.15.1.46-53>
- Pangaribuan, T.H., Ain, C., Soedarsono, P. (2013). Hubungan Kandungan Nitrat dan Fosfat dengan Densitas *Zooxanthellae* pada Polip Karang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 2(4), 136-145.
- Purnomo, P.W., Soedharma, D., Zamani, N.P., Sanusi, H.S. (2010). Model Kehidupan *Zooxanthellae* dan Penumbuhan Massalnya Pada Media Binaan. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(1), 46-54.
- Rifa'i, M. A. (2012). Keragaman Genetik Simbion Alga *Zooxanthellae* pada Anemone Laut *Stichodactyla gigantea* (Forsskal 1775) Hasil Reproduksi Aseksual. *Bioteknologi*, 9(2), 49-56. DOI <https://doi.org/10.13057/biotek/c090203>
- Ochsenkühn, M.A., Röthig, T., D'Angelo, C., Wiedenman, J., Voolstra, C.R. (2017). The Role of Floridoside in Osmoadaptation of Coral-Associated Algal Endosymbionts to High-Salinity Conditions. *Science Advances*, 3(8), 1-9. DOI: 10.1126/sciadv.1602047
- Kuanui, P., Chavanich, S., Viyakarn, V., Omori, M., Lin, C. (2015). Effects of Temperature and Salinity on Survival Rate of Cultured Corals and Photosynthetic Efficiency of *Zooxanthellae* in Coral Tissues. *Ocean Science Journal*, 50(2), 263-268. DOI: 10.1007/s12601-015-0023-3
- Seveso, D., Montano, S., Strona, G., Orlandi, I., Gailli, P., Vai, M. (2013). Exploring The Effect Of Salinity Changes On The Levels Of Hsp60 In The Tropical Coral *Seriatopora caliendrum*. *Marine environmental research*, 90, 96-103. DOI: 10.1016/j.marenvres.2013.06.002
- Titlyanov, E. A., Titlyanova, T.V., Tsukahara, J., Woiesik, R.V., Yamazato, K. (1999). Experimental Increases of *Zooxanthellae* Density in the Coral *Stylophora pistillata* Elucidate Adaptive Mechanisms for *Zooxanthellae* Regulation. *Symbiosis*, 26(4), 347-36