

HUBUNGAN PARAMETER LINGKUNGAN TERHADAP GANGGUAN KESEHATAN KARANG DI PULAU TUNDA – BANTEN

ENVIRONMENTAL PARAMETERS RELATIONSHIP OF CORAL HEALTH DISRUPTION IN TUNDA ISLAND - BANTEN

Dedi¹⁾, Neviaty P. Zamani²⁾, dan Taslim Arifin³⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FIPK- IPB, Bogor

³⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Litbang KP-KKP

Diterima tanggal: 2 November 2016, diterima setelah perbaikan: 7 Februari 2017, disetujui tanggal: 14 Februari 2017

ABSTRAK

Kondisi lingkungan dan aktivitas manusia menyebabkan terganggunya ekosistem pesisir khususnya terumbu karang. Gangguan kesehatan dan penyakit pada karang dapat terjadi karena perubahan kondisi lingkungan. Pulau Tunda merupakan pulau terluar yang berbatasan dengan Teluk Jakarta dan Teluk Banten diasumsikan mendapatkan tekanan lingkungan dari pembangunan daerah tersebut. Penelitian ini mengkaji apakah parameter lingkungan memiliki hubungan dengan sebaran gangguan kesehatan karang. Survei lapangan dilakukan pada Januari 2014. Pengambilan data dilakukan dengan metode transek sabuk dengan lebar 1 x 1m pada kedalaman berkisar 3 – 5m. Hubungan parameter lingkungan dan kelimpahan penyakit karang dianalisis dengan *Principal Components Analysis* dan sebaran penyakit karang dianalisis dengan *Correspondent Analysis*. Dari hasil pengamatan, jenis gangguan yang terdapat pada lokasi pengamatan Pulau Tunda - Banten yaitu pemutihan karang (*Full*, *Patches*, dan *Stripes*) sedangkan gangguan kesehatan lainnya meliputi *Cots*, *fishbite*, PR, IG, SP dan SD. Pemutihan karang bentuk *Patches* merupakan bentuk pemutihan karang yang banyak ditemukan dari seluruh lokasi pengamatan dengan total koloni yang terserang sebanyak 91 koloni. Gangguan kesehatan SP (*Spongs Over*) merupakan gangguan kesehatan yang sedikit (7 koloni) ditemukan pada lokasi pengamatan. Sebaran pemutihan karang memiliki hubungan terhadap salinitas, suhu dan fosfat sedangkan gangguan kesehatan karang SD dan SP memiliki hubungan terhadap konsentrasi nitrat dan silikat.

Kata kunci: Penyakit karang, kelimpahan, Pulau Tunda.

ABSTRACT

*Environmental conditions and human activities may cause the disruption of coastal ecosystems, especially coral reefs. Health disorders and diseases of the coral often occur are due to changes in environmental conditions. Tunda Island, bounded outer islands and the Jakarta Bay and Banten Bay, is assumed to obtain environmental pressures of development of the area. This study aims to see if environmental parameters are linked to the distribution of coral health problems. Field observation was conducted in January 2014. Data collection was performed with a belt transect method with a width of 1 x 1m at depths ranging from 3-5m. Environmental parameters relationship and abundance of coral disease were analysed with XL-stat software 2014 Principal Components Analysis method, where as the distribution of coral disease was analysed by using the Analysis Correspondent method. From the results, the type of interference is found in the observation location of Tunda Island Banten, such as coral bleaching (*Full*, *Patches* and *Stripes*), while other health disorders such as *COTS*, *fishbite*, PR, IG, SP and SD. *Patches* of coral bleaching form were a form of coral bleaching that are found on the entire location of the observations with the total colony that was attacked as many as 91 colonies. While health problems SP (*Sponge Over*) was a medical disorder bit (7 colonies) found in the observation location. The distribution of coral bleaching seems be linked to salinity, temperature and phosphate while coral health disorders SD and SP have been associated with the concentration of nitrate and silicate.*

Keywords: Coral diseases, abundance, Tunda Island

PENDAHULUAN

Pulau Tunda merupakan pulau kecil terluar yang terdapat di daerah Teluk Banten secara administrasi pulau ini berbatasan dengan pulau-pulau kecil yang terdapat di Kawasan Teluk Jakarta Bagian timur. Pulau Tunda berbatasan dengan Gugusan Pulau Pari dan Pulau Tidung Kepulauan Seribu. Bagian Selatan berhadapan langsung dengan Teluk Banten dan daratan Pulau Jawa. Bagian Utara berbatasan dengan Laut Jawa. Perairan Pulau Tunda sangat dipengaruhi oleh aktifitas-aktifitas dari daratan yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Jakarta. Pengerukan pasir di wilayah utara Pulau Tunda dapat menyebabkan kestabilan ekosistem di pulau tersebut terganggu. Jarak pulau Tunda kurang lebih 28 km dari muara Teluk Banten sedangkan jarak Pulau Tunda dan Teluk Jakarta berkisar 70 km. Pengaruh dari aktifitas pembangunan dan indurtri dari Teluk Jakarta dan Teluk Banten berdampak pada beberapa ekosistem bawah laut yang terdapat di kawasan pulau-pulau kecil yang berada di perairan sekitar. Kondisi terumbu karang Pulau Tunda dapat terancam dengan eksplorasi karang batu yang berlebihan untuk pembangunan pondasi pemukiman. Selain itu, faktor keberadaan penduduk yang menyebabkan terjadinya pembuangan limbah rumah tangga dapat menyebabkan tekanan terhadap lingkungan tersebut. Riska *et al.* (2015) melaporkan akumulasi logam berat di perairan pulau Tunda Banten mengalami peningkatan dilihat dari pita tahunan karang *Porites lutea*. Potensi akumulasi logam berat tersebut terjadi diakibatkan oleh berbagai sumber baik secara alami dan antropogenik dari daerah sekitar pulau Tunda.

Lalang *et al.* (2015) melaporkan pertumbuhan karang *Porites lutea* menjadi menurun ketika terjadi peningkatan suhu sebesar 29,57°C. Furby *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa peningkatan suhu muka air laut dapat meningkatkan patogen virus dan dapat menyebabkan ketahanan (kekebalan) organisme karang menjadi berkurang. Faktor lain yang dapat

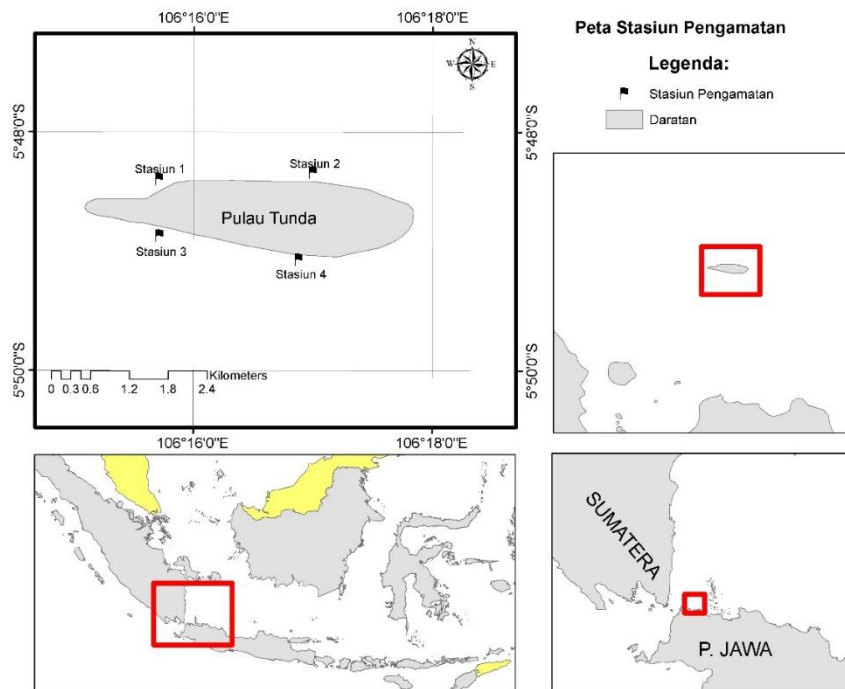
mempengaruhi kerusakan terumbu karang yaitu proses *El-Ninoyang* menyebabkan terjadinya pemutihan karang pada beberapa daerah di belahan dunia seperti di daerah Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Proses *El-Nino* menyebabkan kenaikan suhu permukaan air laut dapat mempengaruhi pertumbuhan karang jenis *Porites lutea* (Arman *et al.*, 2013). Peningkatan suhu sebesar 29,57°C menyebabkan penurunan pertumbuhan karang *Porites lutea* pada Pulau Tunda Banten (Lalang *et al.*, 2015). Faktor lingkungan dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang (Le Tissier dan Bronw, 1996; Obura, 2009), beberapa faktor eksternal dapat menyebabkan kematian pada koloni karang (Douglas, 2003). Peningkatan kerusakan terumbu karang dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti peningkatan suhu (Kushmaro *et al.*, 1998; Baird dan Marshall, 2002; Yeeet *et al.*, 2011; McClanahan *et al.*, 2003; Suharsono, 1999; Petterson *et al.*, 2002; Furby *et al.*, 2014, Burke *et al.*, 2004, Baker *et al.*, 2008.), sedimentasi (Rogers 1990; Weber *et al.*, 2012; Bartley *et al.*, 2014; Adriman *et al.*, 2013; Erftemeijer *et al.*, 2012), predator (Rotjan dan Lewis, 2008; Zamani, 2015), pengayaan nutrien (Brown, 1997; Nordemar *et al.*, 2003; Bell, 1992; Dunn *et al.*, 2012),

Zamani (2015) menjelaskan bahwa kesehatan terumbu karang dapat dilihat dari kelimpahan predator dari jenis *Acanthaster plancy* (mahkota berduri). Kesehatan karang pada Tunda Banten belum ada yang melakukan pengamatan sebelumnya. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab apakah parameter lingkungan memiliki hubungan dengan sebaran gangguan kesehatan karang.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2014. Pengamatan kondisi sebaran keragaman penyakit karang dilakukan pada pulau Tunda Banten (Gambar 1)



Gambar 1. Peta Lokasi pengamatan.
Figure 1. Map of Research Site.

Pengumpulan data

Data sebaran intensitas kesehatan karang diambil menggunakan metode transek sabuk (*belt transect*) dengan lebar transek 1 meter kiri dan 1 meter kanan dengan mengikuti garis transek sepanjang 50 meter. Jenis dan tingkat kesehatan karang diambil dan diidentifikasi sesuai buku panduan penyakit karang menurut Beeden *et al.* (2008). Parameter fisika seperti arus, kecerahan, DO, salinitas, suhu dan pH diambil secara insitu dengan menggunakan TOA DKK, sedangkan parameter kimia perairan seperti nitrat, fosfat dan silikat dianalisis di Laboratorium Produktifitas Perairan IPB.

Analisis data

Kelimpahan kesehatan karang dilakukan perhitungan dengan melakukan perbandingan antara jumlah individu (koloni) yang terserang penyakit dibagi dengan luas area pengamatan. Untuk mengetahui sebaran intensitas kesehatan karang pada lokasi pengamatan dilakukan analisis statistika dengan

menggunakan metode *Correspondent Analysis* (CA) dan hubungan parameter fisiko-kimiawi dengan sebaran intensitas kesehatan karang dianalisis dengan metode *Principal Components Analysis* (PCA) dengan *software XLstat 2014*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Intensitas Infeksi Gangguan Kesehatan Karang

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terdapat beberapa jenis gangguan kesehatan karang yang terdapat pada lokasi pengamatan. Jenis gangguan yang terdapat pada lokasi pengamatan Pulau Tunda Banten yaitu pemutihan karang (*Full*, *Patches*, dan *Stripes*) sedangkan gangguan kesehatan lainnya seperti (*Cots*, *fishbite*, PR, IG, SP dan SD). Pemutihan karang bentuk *Patches* merupakan bentuk pemutihan karang yang banyak ditemukan dari seluruh lokasi pengamatan dengan total koloni yang terserang sebanyak 91 koloni. Gangguan kesehatan SP (*Spons Over*) merupakan

gangguan kesehatan yang sedikit (7 koloni) ditemukan pada lokasi pengamatan. Pemutihan karang terjadi akibat terjadinya perubahan suhu muka air laut yang menyebabkan hewan yang bersimbiosis dengan karang melepaskan diri dari koloni karang. Pemutihan karang pada lokasi pengamatan ditemukan beberapa bentuk seperti Full sebanyak 52 koloni dan Stripes 17 koloni. Gangguan kesehatan yang lain seperti

Cots (12 koloni), *fishbite* (23 koloni), PR (49 koloni), IG (38 koloni) dan SD (50 koloni). Intensitas kesehatan karang yang dominan pada daerah pulau Tunda merupakan gangguan kesehatan karang yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan seperti Pemutihan karang (*Full* dan *Patches*) sedangkan gangguan kesehatan karang yang dominan yaitu *fishbite*, PR, IG dan SD (Tabel 1)

Tabel 1. Kelimpahan Pemutihan Karang dan Gangguan Kesehatan Karang Pulau Tunda Banten.
Table 1. Abundance Coral Bleaching and Compramission Health Tunda Island Banten.

Bentuk infeksi (gangguan)		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
Pemutihan Karang	Full	12	4	20	16
	Patches	10	12	28	41
	Stripes	2	0	11	4
	Cots	4	0	0	8
	Fisbite	2	6	10	5
Gangguan Kesehatan	PR	0	13	28	8
	IG	13	8	17	0
	SP	0	12	20	10
	SD	8	12	20	10

Keterangan : Full : Putih seluruh, Patches : tambalan putih, Stripes: Garis Putih, COTS = *Crown-of-Thorns Starfish*, Fish = *Fish bite*, PR = *Pigmentation Respon*, IG = *Invertebrate Galls*, SP = *Spons Over*, SD = *Sedimentation Damage*.

Gangguan kesehatan karang pada setiap stasiun pengamatan memiliki perbedaan (Gambar 2). Pada stasiun 1 IG (13 koloni) merupakan gangguan kesehatan yang paling banyak ditemukan, stasiun 2 PR (13 koloni), stasiun 3 PR (28 koloni) dan *Pacthes* (28 koloni) sedangkan pada stasiun 4 *Pacthes* (41 koloni) merupakan gangguan pemutihan karang yang paling banyak ditemukan. Sebaran intensitas kesehatan karang yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan dipengaruhi oleh karakteristik perairan Pulau Tunda yang dipengaruhi oleh aktifitas masyarakat serta peningkatan suhu permukaan laut yang terjadi pada seluruh belahan bumi.

Pemutihan karang terjadi akibat hilangnya organisme karang (*zooxanthella*) yang keluar dari polip karang (Douglas, 2003). Pemutihan karang umumnya dikategorikan dalam jenis penyakit karang yang disebabkan oleh tekanan lingkungan seperti naiknya suhu permukaan laut (Yee *et al.*, 2008; Glynn, 1993; Cervino *et al.*, 2004; McClanahan, 2004), penurunan suhu laut (Coles dan Fadlallah, 1991) dan peningkatan radiasi matahari (Le Tissier dan Bronw, 1996). Pemutihan karang merupakan reaksi terhadap perubahan lingkungan yang menyebabkan keluarnya polip karang ketika terjadinya stres

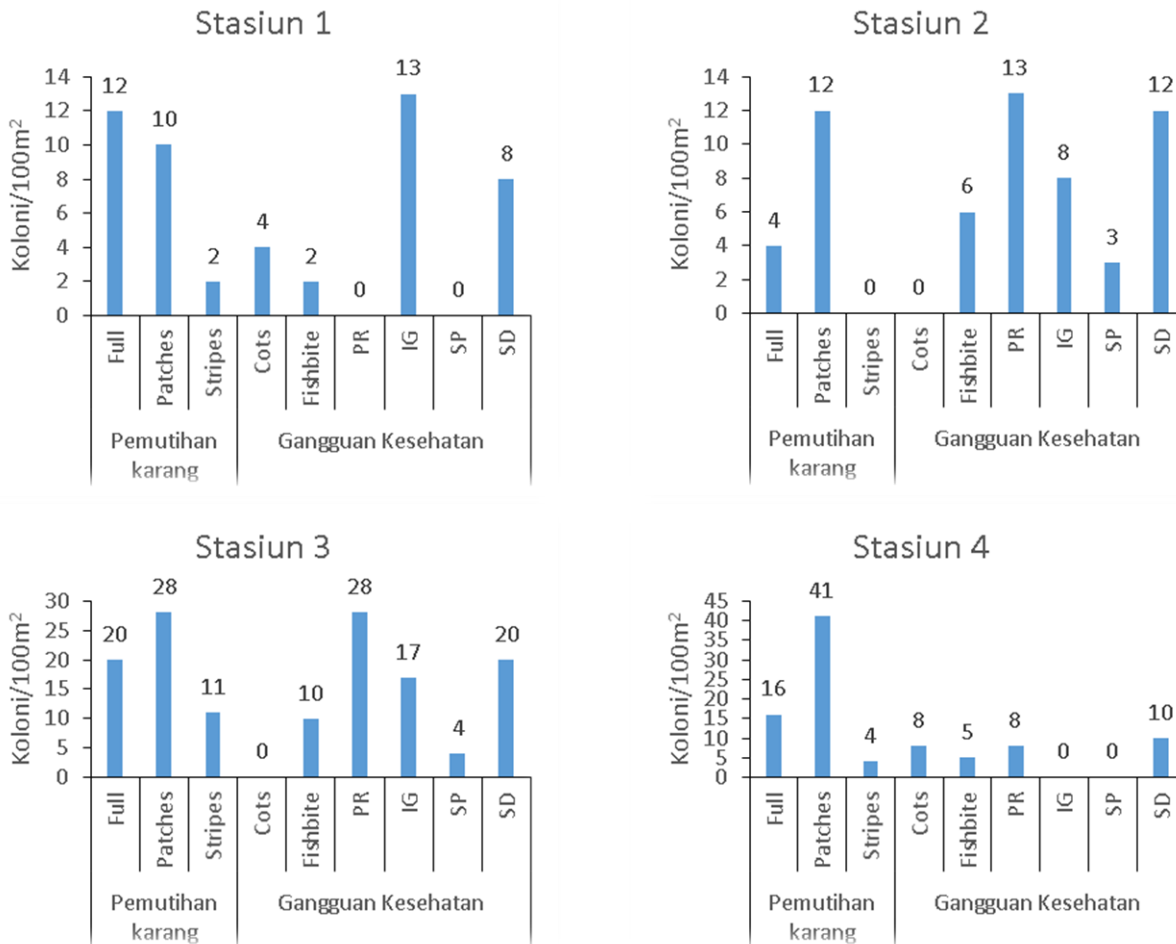
pada karang (Hayes dan Goreau, 1992). Selain suhu yang dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang, salinitas merupakan salah satu faktor yang berdampak pada terjadinya pemutihan karang.

Pigmentaion respons juga merupakan pengganggu kesehatan yang ditemukan pada setiap lokasi pengamatan. *Pigmentation respons* banyak ditemukan pada karang-karang *massive* dari genus *Porites*. Pemudaran warna (*tissue discoloration*) dengan munculnya warna merah muda atau ungu pada permukaan karang tersebut menandakan kesehatan karang tersebut terganggu. Benzoni (2010) menjelaskan bahwa respons dari munculnya bintik-bintik warna merah muda atau ungu merupakan pengaruh dari mekanisme stres karang yang disebabkan oleh larva *Cirriped* yang menempel pada permukaan karang hidup pada genus *Porites*.

Sedimentation damage juga merupakan gangguan kesehatan karang yang dijumpai pada setiap lokasi pengamatan, kondisi ini disebabkan oleh tingginya aktivitas pada daratan Jakarta yang membawa sedimentasi hingga ke perairan pulau kecil di sekitar Teluk Jakarta. Sedimentasi merupakan faktor penting dalam tingkat stres yang terjadi pada karang. Beberapa

spesies karang mengalami degradasi oleh tingginya tingkat sedimentasi di satu perairan. Gleason (1998) menjelaskan karang jenis *P.astreoides* mampu mentoleransi tingkat sedimen yang tinggi. Rogers (1990) melaporkan peningkatan sedimentasi menyebabkan

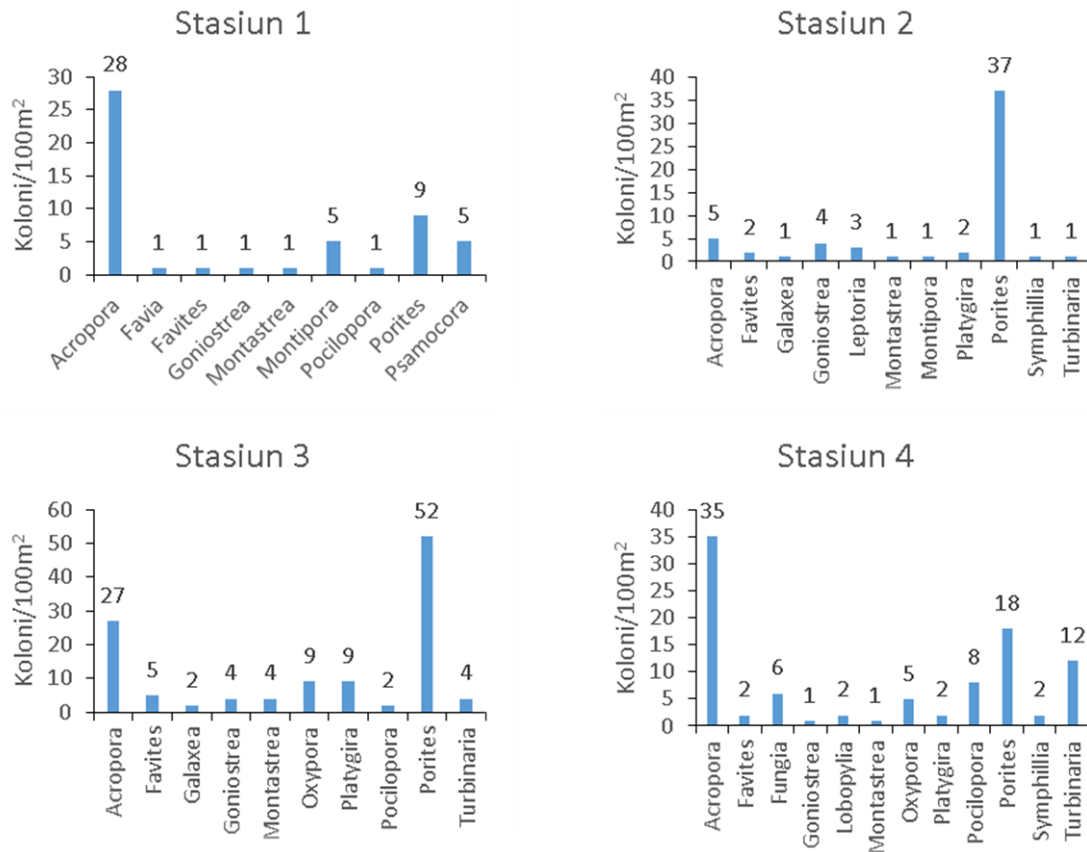
degradasi terumbu karang pada satu wilayah, partikel sedimen yang menutupi organisme karang dan mengurangi cahaya yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Sedimentasi yang berlebihan dapat mengubah struktur komunitas karang baik secara fisik maupun secara biologis.



Gambar 2. Kelimpahan pemutihan karang dan gangguan kesehatan karang.
 Figure 2. Abundance Coral Bleaching and Compramission Health.

Genus *Acropora* dan *Porites* ditemukan paling dominan pada setiap lokasi pengamatan (Gambar 3), hal ini dikarenakan genus karang *Porites* dan *Acropora* merupakan genus karang yang paling banyak terdapat pada lokasi pengamatan. Menurut Edinger (2000), terumbu karang di daerah dekat pantai yang memiliki tingkat pencemaran yang tinggi akan didominasi oleh terumbu karang *sub massive* dan karang *massive*. Beberapa karang *sub massive* dan karang *massive* merupakan genus *Porites* yang banyak terdapat pada daerah pengamatan.

Myers dan Raymundo (2009) menjelaskan genus karang *Acropora* dan *Porites* yang rentan terhadap beberapa penyakit yang timbul pada suatu perairan. Roff *et al.* (2006) menjelaskan karang *Acropora spp* pada daerah Great Barrier Reef paling banyak ditemukan terserang penyakit *White syndrom* yang menyerang bagian lesi karang. Rogers *et al.* (2005) menerangkan di beberapa terumbu karang Florida terjadi penyebaran penyakit karang *white pox disease* (penyakit cacar putih) pada jenis karang *Acropora palmata*.



Gambar 3. Kelimpahan Genus yang terinfeksi pemutihan karang dan gangguan kesehatan karang.
 Figure 3. Abundance Coral Bleaching and Compramission Health to infention of Genus.

Thurber *et al.* (2008) menjelaskan karang jenis *Porites compressa* mengandung virus eukariotik, virus tersebut akan merespon tanggapan stres pada karang yang disebabkan oleh penurunan pH, peningkatan nutrisi, dan stres termal yang terjadi pada koloni karang. Pemanasan global memberikan dampak negatif pada kesehatan karang. Nordemar *et al.* (2003) melaporkan respon fisiologis karang jenis *Porites clyndrica* yang terkena pengayaan anorganik terlarut dan peningkat suhu lebih dari 2° C. Pengayaan nitrat yang signifikan mengurangi tingkat produksi primer dan menurunkan konsentrasi klorofil pada koloni *Porites clyndrica*. Peningkatan suhu permukaan menyebabkan kerusakan pada jaringan karang yang menimbulkan pemutihan pada bagian-bagian tertentu atau seluruhnya pada koloni tersebut. Tingkat kematian dan kerusakan karang juga dapat disebabkan oleh dampak lingkungan yang tinggi. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kerusakan terumbu karang yaitu proses *El-Nino* yang menyebabkan terjadinya

pemutihan karang pada beberapa daerah di belahan dunia seperti di daerah Smaudra Hindia dan Samudra Pasifik. Proses *El-Nino* menyebabkan Kenaikan suhu permukaan air laut dapat mempengaruhi pertumbuhan karang jenis *Porites lutea* (Arman *et al.*, 2013). Peningkatan suhu sebesar 29,57°C menyebabkan penurunan pertumbuhan karang *Porites lutea* pada pulau Tunda Banten (Lalang *et al.*, 2015).

Parameter Lingkungan

Beberapa parameter lingkungan diambil secara *insitu* pada lokasi pengamatan sedangkan parameter lingkungan seperti nitrat, fosfat, dan silikat dianalisis di Laboratorium Produktifitas Lingkungan (ProLink) IPB. Dari hasil pengamatan (Tabel 2), didapatkan beberapa parameter lingkungan yang diambil untuk mengetahui hubungan terhadap kondisi terumbu karang pada Pulau Tunda Banten. Hasil yang didapatkan dari pengamatan secara *insitu* menunjukkan bahwa nilai salinitas, suhu,

pH, oksigen terlarut (DO) dan arus berkisar berturut turut antara 30-32 psu, 29-32 °C, 8,1-8,3, 6,8-7,7 mg/l dan 0,050-0,019 m/detik. Konsentrasi nutrisi yang

meliputi nitrat, fosfat dan silikat berkisar antara 0,007 – 0,052 mg/liter, 0,014 -0,040 mg/liter dan 0,008 -0,011 mg/liter.

Tabel 2. Kondisi Parameter Fisik dan Kimia Pulau Tunda
Table 2. Condition Physical and Chemical Parameters of Tunda Island

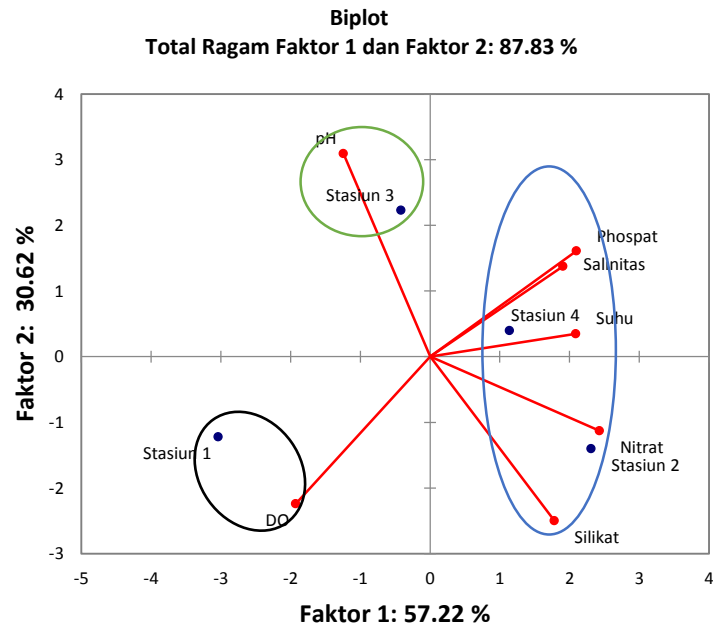
Parameter lingkungan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
Salinitas (psu)	30	31	31	32
Suhu (°C)	29	32	30	30
pH	8,2	8,1	8,3	8,3
DO (mg/l)	7,7	7,1	6,9	6,8
Arus (m/detik)	0,06	0,19	0,12	0,05
Nitrat (mg/l)	0,007	0,052	0,014	0,040
Fosfat (mg/l)	0,020	0,026	0,014	0,040
Silikat (mg/l)	0,009	0,011	0,008	0,010

Sebaran Gangguan Kesehatan Karang Berdasarkan Karakteristik Habitat

Dari hasil analisis PCA terdapat 2 sumbu (F1 dan F2) dengan kontribusi masing-masing sumbu sebesar 55,41% untuk sumbu (F1) dan 27,24% untuk sumbu (F2) dari ragam total sebesar 82,64%. Sumbu I dicirikan dengan enam variabel utama yaitu salinitas (0,621), fosfat (0,836), suhu (0,884), nitrat (0,925), arus (0,715), dan silikat (0,692), sedangkan pada sumbu II dicirikan oleh pH (0,707) dan DO (0,835). Gambar 4 menunjukkan bahwa pada lokasi pengamatan memiliki kecenderungan dengan karakteristik yang berbeda terlihat dari pengelompokan habitat berdasarkan parameter lingkungan di perairan tersebut. Beberapa parameter lingkungan menyebabkan terjadi pengelompokan pada lokasi pengamatan. Terdapat empat kelompok (Gambar 4) pada grafik hasil analisis PCA kelompok I (Stasiun 2) dicirikan oleh salinitas, suhu, fosfat, nitrat, silikat dan arus. Kelompok II (Stasiun 3 dan 4) dicirikan dengan nilai pH (derajat keasaman air). Kelompok III (Stasiun 1) dicirikan nilai DO (oksigen terlarut).

Kelompok I (Stasiun 2) dicirikan oleh salinitas, suhu, fosfat, nitrat, silikat dan arus. Perubahan

salinitas menyebabkan kerusakan sel-sel penting yang berkembang secara fisiologis dari sistem perkembangan organisme karang. Tekanan stres karang terhadap pengaruh salinitas tidak menunjukkan perubahan yang signifikan tetapi pengaruh salinitas dapat menyebabkan beberapa spesies karang tertentu dapat mentoleransi perubahan salinitas perairan. Menurut Seveso *et al.* (2013), fragmen *S. caliendrum* dapat merespon perubahan salinitas pada kondisi *hypersaline* dan *hyposaline* sekalipun. Perubahan salinitas yang drastis dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang. Fluktuasi salinitas dapat disebabkan oleh beberapa faktor alam seperti curah hujan, asupan air tawar dari daratan dan penyinaran matahari. Menurut Snedaker (1995), kenaikan muka air laut dapat disebabkan oleh meningkatnya salinitas yang berakibat pada peningkatan *sulfida* dalam sedimen. Perubahan salinitas mempengaruhi ekspresi Hsp60 yang dapat menyebabkan stres yang terjadi pada karang jenis *S. caliendrum*. Penurunan dan peningkatan salinitas sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan di suatu daerah. Penurunan salinitas 22-25psu menyebabkan stres pada karang yang sensitif.



Gambar 4. Analisis komponen utama berdasarkan karakteristik habitat.
Figure 4. Principal component analysis on the characteristic habitat.

Kelompok II (Stasiun 3 dan 4) dicirikan dengan nilai pH (derajat keasaman air). Derajat keasaman (pH) memiliki korelasi negatif dengan silikat (-0,949) dan nitrat (-0,729), pH perairan dapat berakibat pada kerusakan organisme karang. Nilai pH pada perairan Pulau Tunda berkisar antara 8,1-8,3. Kisaran pH yang didapatkan pada saat pengamatan masih dalam kategori yang cocok untuk pertumbuhan karang. Menurut Tomascik *et al.* (1997), habitat yang cocok untuk pertumbuhan karang dengan kisaran pH 8,2-8,5, tetapi nilai pH yang berkorelasi negatif terhadap nitrat dan fosfat menyebabkan konsentrasi nitrat dan fosfat meningkat. Peningkatan konsentrasi nitrat dan fosfat dapat disebabkan oleh limbah buangan yang terdapat pada daerah sekitar pulau atau masukan dari Teluk Banten yang terbawa oleh arus perairan. Tingkat antropogenik dapat menyebabkan peningkatan nutrisi di perairan yang berakibat pada perubahan kualitas air di daerah ekosistem terumbu karang. Kombinasi suhu dan nitrat yang tinggi menyebabkan penurunan kepadatan *zooxanthella* dan mengurangi tingkat produksi primer organisme karang (Nordemar *et al.*, 2003). Dunn *et al.* (2012) menyebutkan kontaminasi fosfat dapat mempengaruhi organisme karang, mengubah tingkat pertumbuhan, reproduksi karang,

kematian karang dan kepadatan *zooxanthella*. Konsentrasi silikat yang tinggi dapat menentukan tinggi rendahnya kelimpahan *fitoplankton* pada suatu perairan. Menurut Pangaribuan *et al.* (2013), konsentrasi kandungan fosfat dan nitrat di suatu perairan sangat menentukan tinggi rendahnya densitas *zooxanthella* yang terdapat pada koloni karang jenis *Acropora sp.* Pengayaan nutrisi dapat menyebabkan terjadinya penyakit band kuning pada jenis *Montastraea annularis* dan *Montastraea franksii* (Bruno *et al.*, 2003).

Suhu merupakan salah satu faktor yang banyak menyebabkan terjadinya kerusakan karang khususnya yang menyebabkan terjadinya pemutihan karang di berbagai perairan termasuk di Indonesia. Peningkatan dan penurunan suhu dapat berakibat terjadinya stres pada karang. Kisaran suhu pada lokasi pengamatan 28-32 °C. Peningkatan suhu 0,5°C di daerah subtropis dapat menyebabkan pemutihan karang dan mengeluarkan simbiosis alga yang terdapat pada koloni karang (Wilkinson, 2008). Baker *et al.* (2008) melaporkan pemutihan karang terjadi selama Agustus hingga Oktober di daerah Karibia yang diakibatkan oleh anomali permukaan laut terjadi pada 1983-2000. Pemutihan karang dapat terjadi karena suhu

rata-rata permukaan laut meningkat lebih dari 30°C (Burke *et al.*, 2004). Nordemar *et al.* (2003) melaporkan peningkatan suhu lebih dari 2° C dapat mengurangi tingkat produktifitas primer karang *Porites cylindrica*. Peningkatan suhu permukaan air laut terjadi dikarenakan proses *El-Nino*. Arman *et al.* (2013) menjelaskan pertumbuhan karang jenis *Porites lutea* dipengaruhi oleh terjadinya proses *El-Nino* yang menyebabkan terjadinya kenaikan suhu muka air laut. Lalang *et al.* (2015) melaporkan pertumbuhan karang *Porites lutea* menjadi menurun ketika terjadi peningkatan suhu sebesar 29,57°C. Peningkatan suhu muka air laut dapat meningkatkan patogen virus dan

dapat menyebabkan ketahanan (kekebalan) organisme karang menjadi berkurang (Furby *et al.*, 2014).

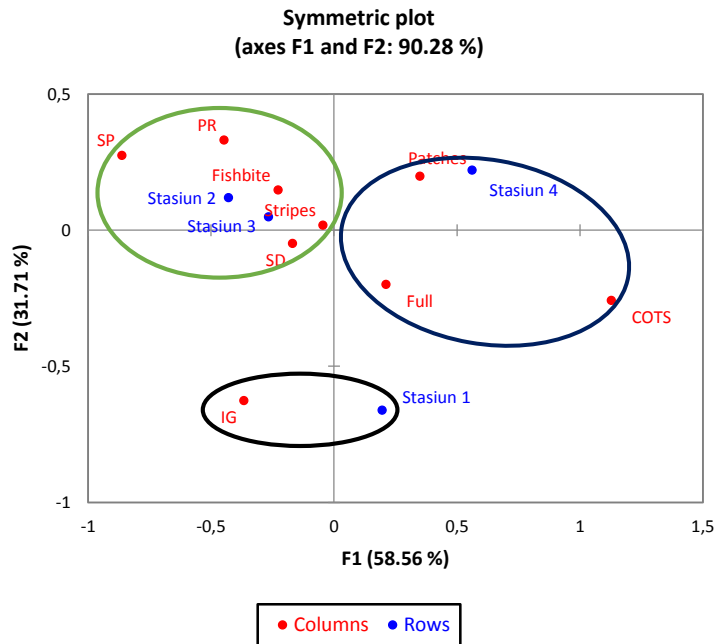
Kelompok III (Stasiun 1) dicirikan oleh nilai DO (oksigen terlarut). Kisaran nilai DO adalah 6,8-7,7 mg/l. Menurut KEPMEN LH (2004), standar baku mutu air laut untuk biota perairan untuk DO dengan kisaran >5 mg/l untuk kehidupan organisme laut, sedangkan nilai DO pada lokasi pengamatan 6,8-7,7 mg/l memperlihatkan masih dalam kategori sesuai untuk kehidupan biota laut.

Tabel 3. Korelasi antar Variabel
Table 3. Correlation among variables

Variabes	Salinitas	Suhu	pH	Nitrat	Fosfat	Silikat	DO
Salinitas	1						
Suhu	0,316	1					
pH	0,000	-0,316	1				
Nitrat	0,634	0,662	-0,729	1			
Fosfat	0,577	0,913	0,000	0,576	1		
Silikat	0,316	0,400	-0,949	0,892	0,183	1	
DO	-0,911	-0,544	-0,203	-0,522	-0,819	-0,096	1

Berdasarkan analisis CA (*Corresponden Analysis*) terdapat tiga karakteristik habitat yang mencirikan tingkat kemunculan infeksi kesehatan karang pada lokasi pengamatan. Kelompok I (Stasiun 2 dan Stasiun 3) dicirikan dengan banyaknya ditemukan jenis gangguan kesehatan seperti SP, PR, *Fishbite*, *Stripes*, dan SD. Kelompok ini dicirikan dengan nilai pH, nitrat dan silikat yang tinggi pada lokasi pengamatan tersebut (Gambar 8). *Fishbite* merupakan bentuk dari gigitan-gigitan ikan pemakan karang yang berasosiasi dan memanfaatkan karang sebagai makanan. Ikan pemakan karang dari Family ikan *Chaetodontidae* merupakan salah satu pemangsa terbesar koloni karang. Ikan *Chaetodontidae* memakan polip karang pada beberapa genus karang seperti *Porites*, *Acropora*, *Agaricites*, *Pocillopora*, dan *Montipora* (Rotjan dan Lewis, 2008).

Peningkatan dan penurunan konsentrasi nutrisi (nitrat, fosfat dan silikat) dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang dan kematian secara spasial di beberapa karang tepi (Kuntz *et al.*, 2005). Pengayaan nutrisi pada suatu perairan tergantung pada tinggi rendahnya konsentrasi nitrat dan fosfat yang terdapat di perairan tersebut. Kisaran konsentrasi nitrat yang baik untuk kesehatan karang yaitu 0,040 mg/l sedangkan untuk kisaran fosfat 0,07 mg/l (Bell, 1992). Nilai konsentrasi dari hasil analisis, kisaran nitrat 0,07-0,124 mg/l. Nilai kadar fosfat yang terdapat pada lokasi penelitian berkisar 0,04 – 0,028 mg/l. Nilai konsentrasi kadar nitrat dan fosfat di lokasi penelitian telah melebihi kisaran untuk kesehatan karang di suatu perairan. Menurut Dunn *et al.* (2012), kontaminasi konsentrasi fosfat yang berlebihan dapat mempengaruhi organisme karang.



Gambar 5. Sebaran keseragaman infeksi kesehatan karang berdasarkan analisis koresponden.
 Figure 5. Distribution of uniformity in infection coral health on the correspondent analysis.

Peningkatan nutrisi perairan disebabkan oleh tingginya sedimentasi yang terdapat diperairan tersebut. Peningkatan sedimentasi dapat menyebabkan munculnya beberapa gangguan kesehatan karang seperti SP dan SD. Pada beberapa jenis karang terdapat gangguan kesehatan karang baik itu SP maupun SD yang terdapat pada lokasi pengamatan. Sebaran SP dan SD yang terdapat pada lokasi pengamatan terjadi akibat tingginya sedimentasi di lokasi pengamatan dan adanya kompetisi antara komunitas spons dan karang. Spons over (SP) menunjukkan adanya kompetisi antara terumbu karang dan biota asosiasi spons yang berada diperairan tersebut. Tingginya invasi spons disebabkan oleh kandungan nutrisi perairan tersebut meningkat. Menurut Ward-Paige *et al.* (2005) penurunan tutupan karang dan dapat disebabkan oleh peningkatan kelimpahan spons dengan meningkatnya nutrisi suatu perairan. Sabine *et al.* (2015) menyebutkan faktor alam dan tingkat antropogenik dapat mempengaruhi kemampuan karang untuk pulih dari penyembuhan infeksi jaringan (lesi) dan mengganggu regenerasi larva karang. Kompetisi ruang pada terumbu karang juga dapat disebabkan oleh munculnya komunitas alga. Kerusakan jaringan karang dapat terjadi disebabkan oleh munculnya komunitas alga merah seperti *Corallophila huysmansii* yang

dapat membunuh jaringan karang (Jompa dan McCook, 2003).

Kelompok II (Stasiun 4) dicirikan dengan sebaran *Patches*, *Full* dan *COTS*. Stasiun 4 merupakan lokasi pengamatan pada daerah yang berdekatan dengan aktivitas manusia. Kelompok ini dicirikan oleh sebaran salinitas, suhu dan fosfat yang tinggi. Pengaruh salinitas dapat memberikan dampak pada pertumbuhan karang dan dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang pada daerah dengan salinitas yang tinggi. Di kawasan Pulau Tunda banyak ditemukan kondisi karang yang telah terjadi pemutihan. Peningkatan suhu mempengaruhi kepadatan *zooxanthella* dengan penurunan hingga 21-61%, sedangkan konsentrasi nutrisi tidak memberikan dampak pada pemutihan karang (Tanaka *et al.*, 2014). Konsentrasi fosfat diperairan Pulau Tunda telah melewati baku mutu biota laut (0,015 mg/l), sedangkan nilai konsentrasi fosfat pada lokasi pengamatan berkisar 0,014-0,040 mg/l (Tabel 1). Pada kelompok ini, hasil dari analisis CA memberikan informasi bahwa sebaran pemutihan karang dalam bentuk *Patches* lebih besar dibandingkan yang lain, sedangkan sebaran *COTS* disebabkan oleh terdapatnya biota pemangsa koloni karang seperti mahkota berduri yang mengakibatkan hilangnya jaringan

karang dan menyebabkan terjadinya pemutihan karang. Zamani (2015) menjelaskan bahwa kesehatan terumbu karang dapat dilihat dari kelimpahan predator dari jenis *Acanthaster planci* (mahkota berduri). Beberapa predator seperti ikan, mahkota berduri dan biota asosiasi lainnya dapat menyebabkan kehilangan jaringan karang. Works dan Aeby (2011) menjelaskan predator seperti *Drupella sp* dan mahkota berduri (*Acanthaster planci*) dapat menyebabkan kehilangan jaringan karang.

Kelompok III (Stasiun1) dicirikan dengan IG (*Invetebate galls*), merupakan kelompok dengan sebaran gangguan karang seperti (*Invetebate galls*) yang relatif lebih besar dibandingkan dengan lokasi lainnya, sedangkan bila dilihat pada grafik PCA (Gambar 8).Kelompok ini dipengaruhi oleh nilai DO (derajat keasaman) perairan. *Invetebate galls* dan *Druppella* merupakan biota-biota asosiasi yang terdapat pada terumbu karang yang mendiami baik didalam koloni karang maupun di sekitar wilayah kehidupan karang. Sebagian besar merupakan jenis-jenis dari kerang-kerangan dan siput yang menempel pada karang. Menurut Glynn dan Enochs (2011), beberapa spesies invetebata yang berasosiasi dengan terumbu karang memberikan dampak pada kerusakan struktur komunitas karang ataupun pada kelimpahan jenis karang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Gangguan kesehatan karang yang ditemukan yaitu pemutihan karang (*Full*, *Patches*, dan *Stripes*), sedangkan gangguan kesehatan lainnya meliputi *Cots*, *fishbite*, PR, IG, SP dan SD. Sebaran intensitas kesehatan karang dipengaruhi oleh parameter lingkungan perairan. Sebaran pemutihan karang memiliki hubungan terhadap salinitas, suhu dan fosfat, sedangkan gangguan kesehatan karang SD dan SP memiliki hubungan terhadap konsentrasi nitrat dan silikat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai dari Anggaran DIPA Puslitbang Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Litbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2014. Ucapan terima kasih kepada (1) Kepala Pusat Penelitian

dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, atas izin dalam penentuan lokasi riset Teluk Jakarta 2014; Prof. Dr. Dedi Shoedharma atas saran dan masukannya dalam paper ini, dan (3) Kepada tim survey kegiatan riset pembangunan *Giant Sea Wall* 2014 yang telah membantu di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [KEPMEN LH] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51. 2004. Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut.
- Adriaman., A. Purbayanto, S. Budiharso, A. Damar. 2013. Pengaruh Sedimentasi Terhadap Terumbu Karang Di Kawasan Konservasi Laut Daerah Bintang Timur Kepulauan Riau. *Jurnal Terubuk*. 41(1): 90-101.
- Arman A.A., N.P. Zamani, T.W. Watanabe. 2013. Studi Penentuan Umur dan Laju Pertumbuhan Terumbu Karang terkait dengan Perubahan Iklim Ekstrim Menggunakan Sinar-X. *Jurnal Aplikasi Isotop Radiasi*. 9(1): 1-10.
- Baird A.H., P.A. Marshall. 2002. Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following bleaching on the Great Barrier Reef. *J. Marine Ecology Progress Series*. 237: 133-141. doi:10.3354/meps237133.
- Baker A.C., P.W. Glynn, B. Riegl. 2008. Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 80(4): 435-471. doi:10.1016/j.ecss.2008.09.003.
- Bartley R., Z.T. Bainbridge, S.E. Lewis, F.J. Kroon, S.N. Wilkinson, J.E. Brodie, D.M. Silburn. 2014. Relating sediment impacts on coral reefs to watershed sources, processes and management: A review. *J. Science of the Total Environment*. 468-469:1138-1153. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.09.030.
- Beeden R., B.L. Willis, L. Raymundo, C.A. Page, E. Weil. 2008. Underwater cards for assessing coral health on Indo-Pacific reefs. Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for

- Management Program. Currie Communications, Melbourne, 22p.
- Bell P.R.F. 1992. Eutrophication and coral reefs - some examples in the Great Barrier Reef Lagoon. *Water Resources*. 5:553–568. doi:10.1016/0043-1354(92)90228-V.
- Benzoni F., P. Galli, M. Pichon. 2010. Pink spots on Porites: not always a coral disease. *J. Coral reefs*. 29(1):153-153. doi:10.1007/s00338-009-0571-z.
- Brown B.E. 1997. Disturbances to Reefs in Recent Times. In. Life and Death of Coral. 354-379.
- Bruno J.F., L.E. Petes, C. Drew Harvell, A. Hettinger. 2003. Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases. *Ecology Letters*. 6(12): 1056-1061. doi:10.1046/j.1461-0248.2003.00544.x.
- Burke C.D., T.M. McHenry, W.D. Bischoff, E.S. Huttig, W. Yang, L. Thorndyke. 2004. Coral mortality, recovery and reef degradation at Mexico Rocks Patch Reef Complex, Northern Belize, Central America: 1995–1997. In *Coelenterate Biology 2003* (pp. 481-487). Springer Netherlands.
- Cervino J.M., R. Hayes, T.J. Goreau, G.W. Smith. 2004. Zooxanthellae regulation in yellow blotch/band and other coral diseases contrasted with temperature related bleaching: In situ destruction vs expulsion. *J. Symbiosis*. 37(1/3): 63-86.
- Coles S.L., Y.H. Fadlallah. 1991. Reef coral survival and mortality at low temperatures in the Arabian Gulf: new species-specific lower temperature limits. *J. Coral Reefs*. 9(4):231-237. doi:10.1007/BF00290427.
- Douglas A.E. 2003. Coral bleaching—how and why?. *Marine Pollution Bulletin*. 46(4), 385-392. doi:10.1016/S0025-326x(03)00037-7.
- Dunn J.G., P.W. Sammarco, G. LaFleur. 2012. Effects of phosphate on growth and skeletal density in the scleractinian coral *Acropora muricata*: A controlled experimental approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 411: 34-44. doi:10.1016/j.jembe.2011.10.013.
- Edinger E.N., M.J. Risk. 2000. Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*. 92(1):1-13.
- Erftemeijer P.L., B. Riegl, B.W. Hoeksema, P.A. Todd. 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *J. Marine Pollution Bulletin*. 64(9):1737-1765. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.05.008.
- Furby K.A., A. Apprill, J.M. Cervino, J.E. Ossolinski, K.A. Huguen. 2014. Incidence of lesions on Fungiidae corals in the eastern Red Sea is related to water temperature and coastal pollution. *Marine Environmental Research*. 98: 29-38. doi:10.1016/j.marenvres.2014.04.002.
- Gleason D.F. 1998. Sedimentation and distributions of green and brown morphs of the Caribbean coral *Porites astreoides* Lamarck. *J. of Experimental Marine Biology and Ecology*. 230(1):73-89. doi:s0022-0981(98)00084-7.
- Glynn P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *J. Coral Reefs*. 12(1):1-17. doi: 10.1007/BF00303779.
- Glynn P.W., I.C. Enochs. 2011. Invertebrates and their roles in coral reef ecosystems. In *Coral reefs: an ecosystem in transition*. 273-325pp. Springer Netherlands. doi: 10.1007/978-94-007-0114-4_18
- Hayes R.I., T.J. Goreau. 1992. Histology of Caribbean and south Pacific bleached corals. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp.* 1:71pp.
- Jompa J., L.J. McCook. 2003. Coral-algal competition: macroalgae with different properties have different effects on corals. *Marine Ecology Progress Series*. 258: 87-95.
- Kuntz N.M., D.I. Kline, S.A. Sandin, F. Rohwer. 2005. Pathologies and mortality rates caused by organic carbon and nutrient stressors in three Caribbean coral species. *Marine Ecology Progress Series*. 294:173-180.
- Kushmaro A., E. Rosenberg, M. Fine, Y.B. Haim, Y. Loya. 1998. Effect of

- temperature on bleaching of the coral *Oculina patagonica* by *Vibrio* AK-1. *Marine Ecology Progress Series*. 171:131-137.
- Lalang. 2015. Laju Pertumbuhan Linier Karang *Porites lutea* Menggunakan Sinar –X di Pulau Tunda Kabupaten Serang Provinsi Banten [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Le Tissier M.D.A.A., B.E. Brown. 1996. Dynamics of solar bleaching in the intertidal reefs coral *Goniastrea aspera* at KO Phuket, Thailand. *Marine Ecology Progress Series*. 136:235-244.
- McClanahan T.R. 2004. The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Journal Marine Biology*. 144(6):1239-1245. doi: 10.1007/s00227-003-1271-9.
- McClanahan T.R., E. Sala, P.A. Stickels, B.A. Cokos, A.C. Baker, C.J. Starger, S.H. Jones. 2003. Interaction between nutrients and herbivory in controlling algal communities and coral condition on Glover's Reef, Belize. *Marine Ecology Progress Series*. 261:135-147.
- Myers R.L., L.J. Raymundo. 2009. Coral disease in Micronesian reefs: a link between disease prevalence and host abundance. *Diseases of Aquatic Organisms*. 87(1-2): 97-104. doi: 0.3354/dao02139.
- Nordemar I., M. Nystrom, R. Dizon. 2003. Effects of elevated seawater temperature and nitrate enrichment on the branching coral *Porites cylindrica* in the absence of particulate food. *Marine Biology*. 142(4): 669-677. doi: 10.1007/s00227-002-0989-0.
- Obura D.O. 2009. Reef coral bleach to resist stress. *Marine Pollution Bulletin*. 58:206-212. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.10.002.
- Pangaribuan T.H., C. Ain, P. Soedarsono. 2013. Hubungan kandungan Nitrat dan Fosfat dengan densitas zooxanthella pada polip karang *Acropora* sp di perairan terumbu karang menjangkan kecil, Karimun Jawa. *Management of Aquatic Resources*: 2(4): 136-145.
- Patterson K.L., J.W. Porter, K.B. Ritchie, S.W. Polson, E. Mueller, E.C. Peters, G.W. Smith. 2002. The etiology of white pox, a lethal disease of the Caribbean Elkhorn coral, *Acropora palmata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences.PNAS*. 99(13): 8725-8730. doi: 10.1073/pnas.092260099.
- Riska. N.P. Zaman I, T. Prartono, A. Arman. 2015. Plumbum (Pb) Concentration In Annual Bands Of Coral *Porites lutea* At Tunda Island, Banten. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):235-245
- Roff G., O. Hoegh-Guldberg, M. Fine. 2006. Intra-colonial response to Acroporid "white syndrome" lesions in tabular *Acropora* spp. (Scleractinia). *Coral Reefs*, 25(2):255-264. doi:10.1007/s00338-006-0099-4.
- Rogers C.S. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *J. Marine Ecology Progress Series*. 62(1):185-202.
- Rogers C.S., K.P. Sutherland, J.W. Porter. 2005. Has white pox disease been affecting *Acropora palmata* for over 30 years?. *Coral Reefs*. 24(2): 194-194. doi: 10.1007/s00338-004-0470-2.
- Rotjan R.D., S.M. Lewis. 2008. Impact of coral predators on tropical reefs. *Marine Ecology Progress Series*. 367:73-91. doi:10.3354/meps07531.
- Sabine A.M., T.B. Smith, D.E. Williams, and M.E. Brandt. 2015. Environmental conditions influence tissue regeneration rates in scleractinian corals. *Marine Pollution Bulletin*. Article in press: doi:10.1016/j.marpolbul.2015.04.006
- Santavy D.L., E.C. Peters, C. Quirolo, J.W. Porter, C.N. Bianchi. 1997. Yellow-blotch disease outbreak on reefs of the San Blas Islands, Panama. *Coral Reefs*. 18:19
- Seveso D., S. Montano, G. Strona, I. Orlandi, M. Vai, P. Galli. 2012. Up-regulation of Hsp60 in response to skeleton eroding band disease but not by algal overgrowth in the scleractinian coral *Acropora muricata*. *Marine Environmental Research*. 78:34-39. doi:10.1016/j.marenvres.2012.03.008.
- Snedaker S.C. 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. In

- Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems* (pp. 43-49). Springer Netherlands.
- Suharsono 1999. Condition of coral reef resources in Indonesia. Oceanology Research and Development center (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI).
- Tanaka Y., M. Inoue, T. Nakamura, A. Suzuki, K. Sakai. 2014. Loss of zooxanthellae in a coral under high seawater temperature and nutrient enrichment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 457, 220-225. doi: 10.1016/j.jembe.2014.04.019.
- Thurber R.L.V., K.L. Barott, D. Hall, H. Liu, B. Rodriguez-Mueller, C. Desnues, F.L. Rohwer. 2008. Metagenomic analysis indicates that stressors induce production of herpes-like viruses in the coral *Porites compressa*. Proceedings of the National Academy of Sciences. *PNAS*. 105(47):18413-18418. doi:10.1111/j.1462-2920.2009.01935.x.
- Tomascik T., A.J. Mah, A. Nontji, M.K. Moosa. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas. Part One. The Ecology of Indonesia Series Vol.VII.
- Ward-Paige C.A., M.J. Risk, O.A. Sherwood, and W.C. Jaap. 2005. Clionid sponge surveys on the Florida Reef Tract suggest land-based nutrient inputs. *Marine Pollution Bulletin*. 51(5):570-579. doi:10.1016/j.marpolbul.2005.04.006.
- Weber M., D.D. Beer, C. Lott, L. Polerecky, K. Kohls, R.M.M. Abed, T.G. Ferdelman, K.E. Fabricius. 2012. Mechanisms of damage to coral exposed to sedimentation. *PNAS*. 109(14):E1558/E1567. doi:10.1073/pnas.1100715109/DCS supplemental.
- Wilkinson C. 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rain forest Research Centre, Townsville, Australia. 296 p.
- Work T.M., G.S. Aeby. 2011. Pathology of tissue loss (white syndrome) in *Acropora* sp. corals from the Central Pacific. *Journal of invertebrate pathology*, 107(2):127-131. doi:10.1016/j.jip.2011.03.009.
- Yee S.H., D.L. Santavy, M.G. Barron. 2008. Comparing environmental influences on coral bleaching across and within species using clustered binomial regression. *Ecological Modelling*, 218(1):162-174. doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.06.037.
- Yee S.H., D.L. Santavy, M.G. Barron. 2011. Assessing the effects of disease and bleaching on Florida Keys corals by fitting population models to data. *Ecological Modelling*. 222(7):1323-1332. doi:10.1016/j.ecolmodel.2011.01.009.
- Zamani N.P. 2015. Abundance of *Acanthaster Planci* As Health Of Coral Indicator In Tunda Island, Serang Regency, Banten. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):273-286.