

Prevalensi, Insidensi dan Perkembangan *Black-band Disease* pada Karang *Scleractinia (Montipora spp)* di Perairan Dangkal Gugusan Pulau Pari

Michael Delpopi¹, Neviaty Putri Zamani², Dedi Soedharma², Ofri Johan³

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Dramaga No. 60, Babakan Doneng, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680

³Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias
Jl. Perikanan No. 13, Pancoran Mas, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia 16436
Email: mc.chel@gmail.com

Abstrak

Penyakit pita hitam (BBD) adalah penyakit persisten merupakan salah satu penyebab kerusakan pada ekosistem terumbu karang yang saat ini masih sedikit terdata di perairan Indonesia termasuk di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan infeksi, insidensi dan prevalensi BBD pada karang *Montipora spp* perairan dangkal di Gugusan Pulau Pari. Estimasi persentase penutupan karang dilakukan dengan teknik transek garis Line Intercept Transect (LIT), sementara prevalensi dan insidensi BBD dilakukan dengan menggunakan transek sabuk 1 m ke kiri dan ke kanan dengan ukuran panjang 20 m dan 3 ulangan, data diambil kurang lebih selama 2 bulan sekali. Perkembangan BBD didokumentasikan setiap hari dengan metode potografi digital selama 2 minggu. BBD ditemukan tersebar di daerah pengamatan. Hasil menunjukkan bahwa prevalensi dan insidensi memiliki hubungan eksponensial yang positif dengan suhu. Selama pengamatan menunjukkan bahwa prevalensi dan insidensi meningkat pada bulan Mei yang merupakan musim peralihan antara musim hujan dan musim panas. Prevalensi tertinggi dijumpai dengan nilai 5, 96 persen dan progres penyakit maksimum adalah 0, 46 cm.hari⁻¹, pada kondisi ini BBD berpotensi menyebabkan kematian karang.

Kata kunci: karang, penyakit pita hitam, prevalensi, insidensi, Pulau Pari

Abstract

Prevalence, Incidence and Progression of Black-band Disease on Scleractinian Coral (*Montipora spp*) in Shallow Water of Pari Islands

Black-band disease (BBD) is a persistent disease that cause the decline of the coral reef ecosystems, which is still limitedly recorded in Indonesia, including in Pari Island, Thousand Islands. The objectives of this study were to determine progression, prevalence and incidence BBD on *Montipora spp* in shallow water of Pari Islands. Coral cover were estimated using line intercept transect (LIT) whereas the prevalence and incidence of BBD were carried out by using belt transect method with 1 m left and right of tape as long 20 m with 3 replications recorded approximately every two months. BBD progression was documented with a digital photograph method, the photograph of affected area of each coral was taken each day for 2 weeks. BBD was found to be spread in the surveyed area. The result show that prevalence and incidence of BBD showed a positive exponential relationship with water temperature. During the observation both prevalence and incidence increased on May transitional season (wet-dry). The highest prevalence was found at 5, 96 percent and whereas the maximum disease progression found at 0, 46 cm.day⁻¹, in this rate indicate that BBD could strongly cause coral death.

Keywords: coral, black-band disease, prevalence, incidence, Pari Islands

Pendahuluan

Penyebab kerusakan ekosistem karang merupakan suatu fenomena yang kompleks dan

dapat dikaitkan dengan faktor-faktor yang beragam (Hughes et al., 2003; Weil 2004). Gangguan dari lingkungan, perubahan iklim secara global dan aktivitas antropogenik yang tidak ramah lingkungan

memainkan peran penting dan berpotensi mengakibatkan menurunnya resistensi hewan karang, meningkatkan proliferasi bakteri patogen, serta membantu mentransmisi penyakit pada karang (Hughes *et al.*, 2010; Cramer *et al.*, 2012). Kerusakan karang dapat disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik, faktor abiotik seperti suhu, sedimentasi, bahan kimia beracun, nutrisi yang tidak seimbang, radiasi oleh sinar ultraviolet sementara faktor biotik misalnya predasi, invasi oleh sponge, tumbuhan alga dan infeksi penyakit (Green dan Bruckner, 2000; Hughes *et al.*, 2003). Penyakit pada karang adalah salah satu faktor biotik yang banyak dikaji pada saat ini. Penyakit karang diketahui mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap menurunnya kondisi ekosistem terumbu karang (Harvell *et al.*, 2004; Sutherland *et al.*, 2004; Weil *et al.*, 2006).

BBD merupakan salah satu jenis penyakit karang bersifat virulen yang ditemui menyerang pada banyak jenis karang scleractinia dan merupakan salah satu penyebab kerusakan pada ekosistem karang (Frias-lopez *et al.*, 2004; Bourne *et al.*, 2011). BBD hampir dapat dijumpai di seluruh ekosistem karang dunia seperti Indo-pasifik, laut karibia, samudera hindia dan atlantik. Jenis penyakit ini disebabkan oleh sinergi dari beberapa bakteri atau bakteri konsorsium (Weil, 2004; Sato *et al.*, 2009). Beberapa jenis bakteri konsorsium pada BBD seperti golongan bakteri *Cyanobacteria*, *Phormidium coralyticum*, *Desulfovibrio*, *Beggiatoa* sp. merupakan bakteri pengoksidasi sulfida (Viehman *et al.*, 2006; Richardson *et al.*, 2009). BBD dicirikan dengan pita hitam yang berbentuk lingkaran yang memakan jaringan hidup pada hewan karang (Rützler dan Santavy, 1983; Miller dan Richardson, 2012). BBD diketahui telah menginfeksi ± 64 spesies karang scleractinia (Sutherland *et al.*, 2004; Page dan Willis, 2006). Penelitian yang telah dilakukan di berbagai lokasi di dunia menunjukkan bahwa penyakit BBD dapat mengancam kelestarian karang.

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa BBD menginfeksi beberapa karang seperti *Acropora* spp. (Sabdono dan Radjasa, 2006) di Karimunjawa, *Pachyseris* spp. and *Diploastrea heliopora* (Haapkyla *et al.*, 2009) di Taman Laut Nasional Wakatobi, *Leptoseris* sp. dan *Patcyseris* sp. (Massinai *et al.*, 2012) di pulau Baranglombo, *Montipora* spp. (Johan *et al.*, 2012) di Kepulauan Seribu. Meskipun demikian informasi mengenai perkembangan BBD di Indonesia masih sedikit diketahui. Sehingga diperlukan penelitian untuk mendapatkan pemahaman lebih baik faktor

pendorong dinamika penyakit karang, spesies yang terinfeksi dan penyebarannya khususnya BBD, sehingga memungkinkan dilakukan pengembangan strategi pengelolaan terumbu karang yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prevalensi, insidensi dan perkembangan infeksi BBD pada karang *Motipora* spp. perairan dangkal di Gugusan Pulau Pari.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pengamatan yakni pada bulan Maret, Mei dan Juli 2014 di perairan dangkal daerah terumbu Gugusan Pulau Pari dengan kedalaman kurang ≤1 m. Pengumpulan data dari 5 titik lokasi pengamatan yang telah di survei pada penelitian sebelumnya (Gambar 1). Data persentase penutupan karang diambil dengan transek garis (*Line Intercept Transect*, LIT; English *et al.*, 1997). Data prevalensi dan insidensi BBD dilakukan dengan transek sabuk permanen sepanjang 20m lebar 1m ke kiri dan 1m ke kanan dengan 3 kali ulangan mengacu pada (Beeden *et al.*, 2008). Khusus untuk progres infeksi BBD monitoring dilakukan pada bulan Juli selama 2 minggu. Prevalensi adalah proporsi koloni karang yang terinfeksi dari total seluruh spesies karang yang dijumpai pada setiap survey. Prevalensi penyakit dihitung dari perbandingan jumlah total koloni terinfeksi dibagi dengan seluruh total koloni spesies tersebut: Prevalensi (P) = (koloni terinfeksi/ total koloni) x 100. Selanjutnya penghitungan insidensi adalah jumlah kasus baru koloni karang yang terinfeksi dari pengamatan awal: Insidensi (I) = jumlah karang infeksi baru dalam rentang waktu, T. Hubungan prevalensi dan insidensi dengan suhu perairan dilakukan analisa dengan menggunakan regresi eksponensial.

Hasil dan Pembahasan

Biodiversitas karang scleractinia

Kondisi penutupan terumbu karang rata-rata pada pengamatan adalah sebesar 41,47 ± 9,97%. Persen penutupan tertinggi dijumpai pada stasiun II sebesar 53,167% terendah pada stasiun pengamatan I yakni 25,80%. Komunitas karang pada lokasi pengamatan didominasi karang dengan pertumbuhan merayap dari jenis *Montipora* spp dan bercabang dari jenis *Acropora* spp. Penutupan karang scleractinia paling dominan pada perairan dangkal di gugusan pulau ini adalah genera *Montipora*. Karang ini juga diketahui paling rentan terkena penyakit sehingga karang genera *Montipora*

spp yang menjadi karang target pengamatan, persen penutupan karang genera *Montipora* adalah berkisar antara 15,77-24,37% dengan rata-rata setiap stasiun sebesar 19,08%±3,57% (Tabel 1). Beberapa genera karang scleractinia lain juga ditemukan pada perairan dangkal dengan rata-rata 6±2,24 genera pada setiap stasiun pengamatan, namun sangat jarang dijumpai. Secara keseluruhan genera karang tersebut dapat dikelompokkan kedalam 6 Famili (Acroporidae, Agariciidae, Faviidae, Pocilloporidae, Poritidae dan Mussidae) dan 11 genera (*Acropora*, *Montipora*, *Porites*, *Favia*, *Favites*, *Goniastrea*, *Platygyra*, *Symphylia*, *Pachiseries*, *Pocillopora* dan *Stylopora*) Tabel 1.

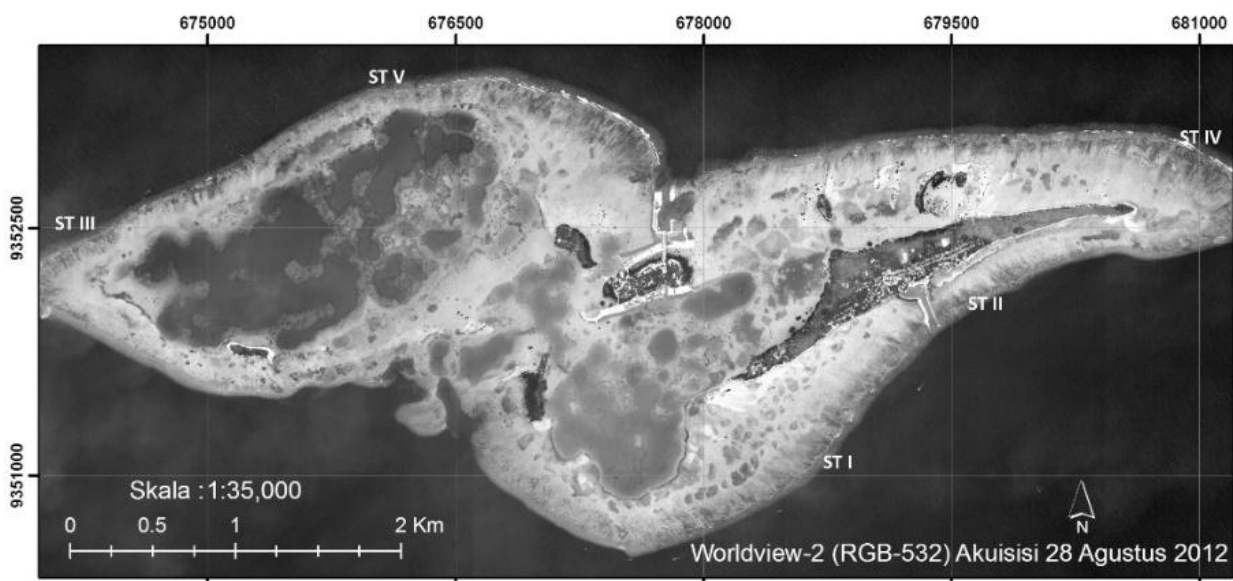
BBD dijumpai menginfeksi dua genera karang yakni *Astreopora* sp. dan *Montipora* spp., namun infeksi BBD pada *Astreopora* hanya dijumpai satu kasus, selebihnya BBD dijumpai menginfeksi pada *Montipora* spp. terutama di perairan dangkal gugusan pulau Pari, dari pengamatan menunjukkan bahwa penutupan *Montipora* spp. pada perairan dangkal di jumpai dominan pada setiap stasiunnya. Genera *Montipora* diketahui adalah merupakan salah satu genera yang rentan terinfeksi oleh penyakit karang (DeVantier et al., 2008). Hannak et al. (2011) menyatakan bahwa karang scleractinia genera *Montipora* umum dijumpai pada karang tepi dengan kisaran kedalaman <1, 5m.

Prevalensi dan insidensi BBD

Keseluruhan total koloni *Montipora* spp yang terhitung pada 5 stasiun pengamatan rata-rata pada tiga bulan pengamatan adalah sebanyak 1250,33±21,36 koloni dengan total luas area 5 x

60 m². Pada bulan Maret prevalensi BBD yang dijumpai berkisar antara 1,40-3,61% dengan rata-rata sebesar 2,6±0,88%. Pada bulan Mei prevalensi BBD meningkat hampir disetiap stasiun pengamatan kecuali pada stasiun V mengalami penurunan.

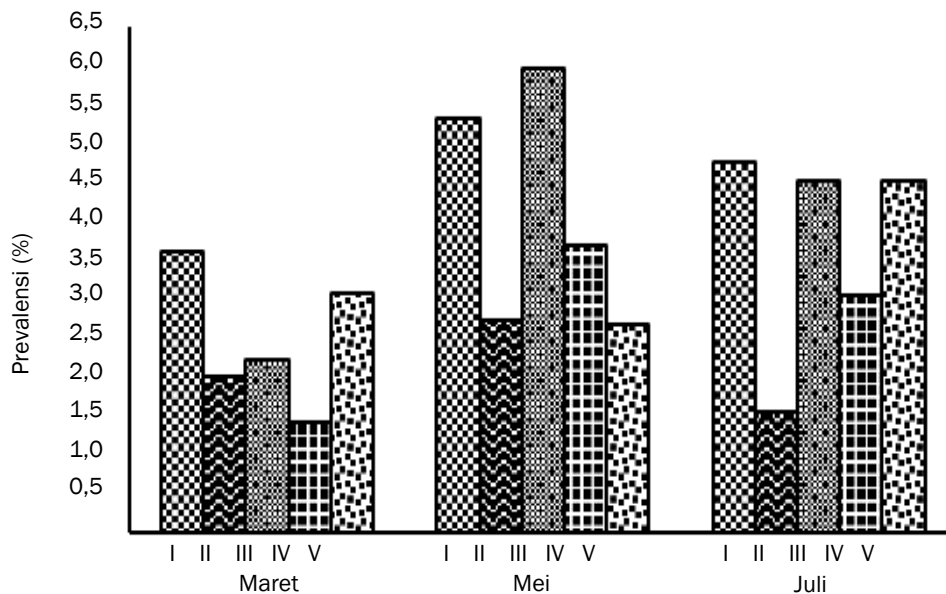
Prevalensi tertinggi pada bulan Mei dijumpai pada stasiun III dengan 5,95% dan terendah pada stasiun V yakni sebesar 2,67 % dengan rata-rata 4,07±1,51%. Selanjutnya pada bulan Juli berkisar antara 1,55-4,76% prevalensi mengalami penurunan dengan nilai rata-rata sebesar 3,47±1,78% (Gambar 2). Kemungkinan penyebab meningkatnya prevalensi pada musim peralihan bulan Mei karena bulan tersebut merupakan musim peralihan dari musim hujan ke musim panas dengan keadaan perairan tenang serta fluktuasi ombak yang kecil, hal ini menyebabkan penyerapan cahaya matahari maksimal ke dasar perairan, BBD merupakan jenis penyakit yang disebabkan oleh bakteri konsorsium dari golongan *Cyanobacterium* yang membutuhkan matahari untuk berfotosintesis (Richardson et al., 2009; Sato et al., 2010; Johan et al., 2012). Seperti halnya pada prevalensi BBD, kejadian atau penemuan kasus BBD baru (insidensi) yang menginfeksi karang *Montipora* pada beberapa stasiun pengamatan terjadi peningkatan (i.e stasiun III, IV), juga terjadi pada bulan Mei, namun didapati kembali menurun pada bulan Juli (Gambar 3). Rata-rata Insidensi BBD secara berurutan 5,8±1,64, 7 (Maret), 6±2,70 (Mei) dan 4,4±1,22 (Juli). Prevalensi dan insidensi BBD memiliki hubungan asosiasi positif terhadap kenaikan suhu perairan (Gambar 4.), hal yang serupa dinyatakan pada



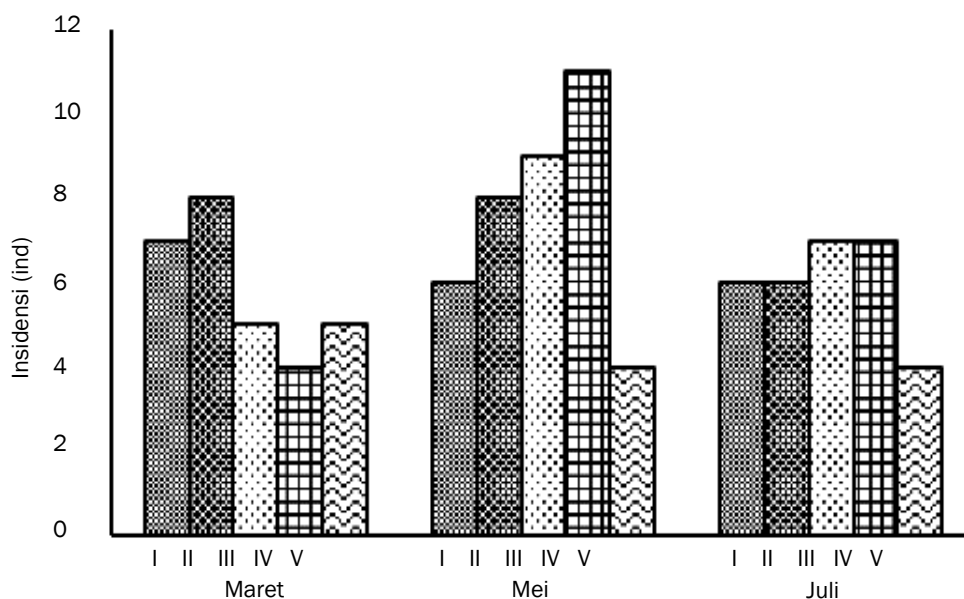
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Titik Pengamatan di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu

beberapa penelitian sebelumnya (Boyett *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2008; Sato *et al.*, 2010; Kuehl *et al.*, 2011; Muller dan van Woessik, 2011). Jika dibandingkan dengan prevalensi BBD di kawasan perairan Indo-Pasifik prevalensi BBD di gugusan pulau Pari tergolong sedang. Beberapa penelitian di Indo-pasifik Kaczmarzky (2006) melaporkan prevalensi BBD mencapai 7,8% di Philipine pada *Montipora aequituberculata*,

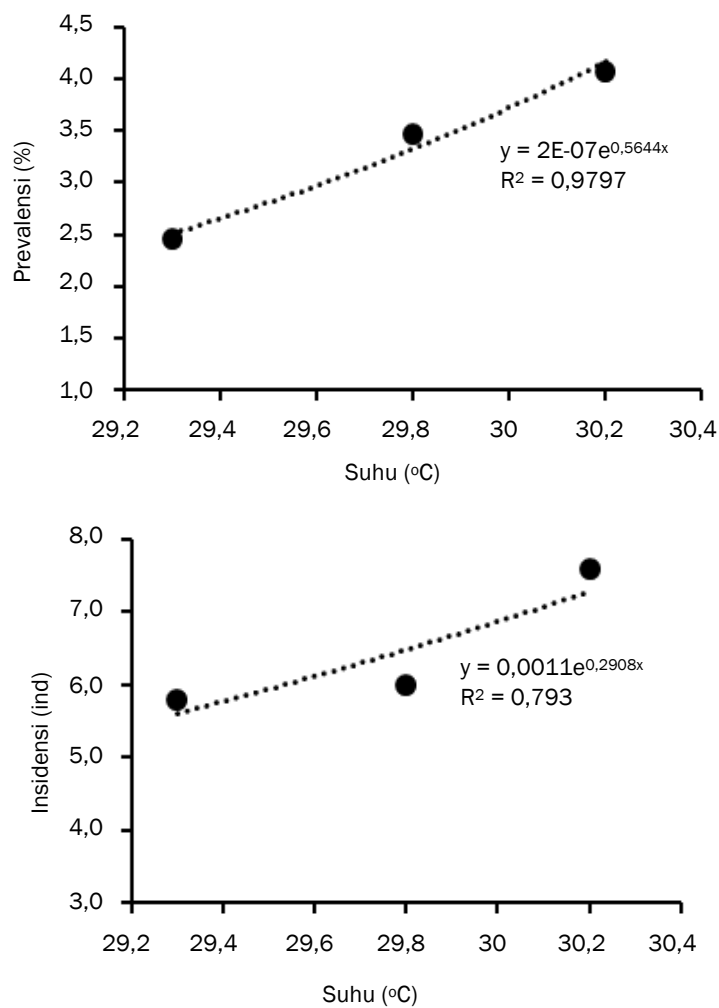
selanjutnya penelitian Sato *et al.* (2009) di Great Barrier Reef (GBR) menjumpai prevalensi tertinggi sebesar 9,5% pada *Montipora*. Muller dan van Woessik (2011) mengatakan bahwa meningkatnya prevalensi dan insidensi BBD tidak hanya disebabkan kenaikan suhu, tetapi juga oleh besarnya tingkat perubahan suhu air. Sato *et al.* (2009) menambahkan bahwa intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap perkembangan BBD.



Gambar 2. Prevalensi dua bulanan BBD pada *Montipora* spp di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu



Gambar 3. Insidensi dua bulanan BBD pada *Montipora* spp di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu



Gambar 4. Hubungan rata-rata suhu dengan prevalensi (atas) dan Insidensi (bawah) BBD pada *Montipora* spp.

Tabel 1. Persen penutupan (%), jumlah genus (S), dan indeks-indeks biodiversitas (Keanekaragaman (H'), Keseragaman (J') dan Dominansi (D) karang keras Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu.

Stasiun	% PT	% Mon	S	H'	J'	D
I	25.800	15.767	2	0.510	0.151	0.672
II	53.167	19.367	7	1.562	0.383	0.259
III	42.200	15.767	7	1.404	0.369	0.311
IV	45.300	24.367	7	1.411	0.349	0.312
V	40.867	20.133	7	1.434	0.400	0.310
Mean	41.467	19.080	6.000	1.264	0.330	0.373
std	9.974	3.574	2.236	0.426	0.102	0.169

Perkembangan penyakit BBD

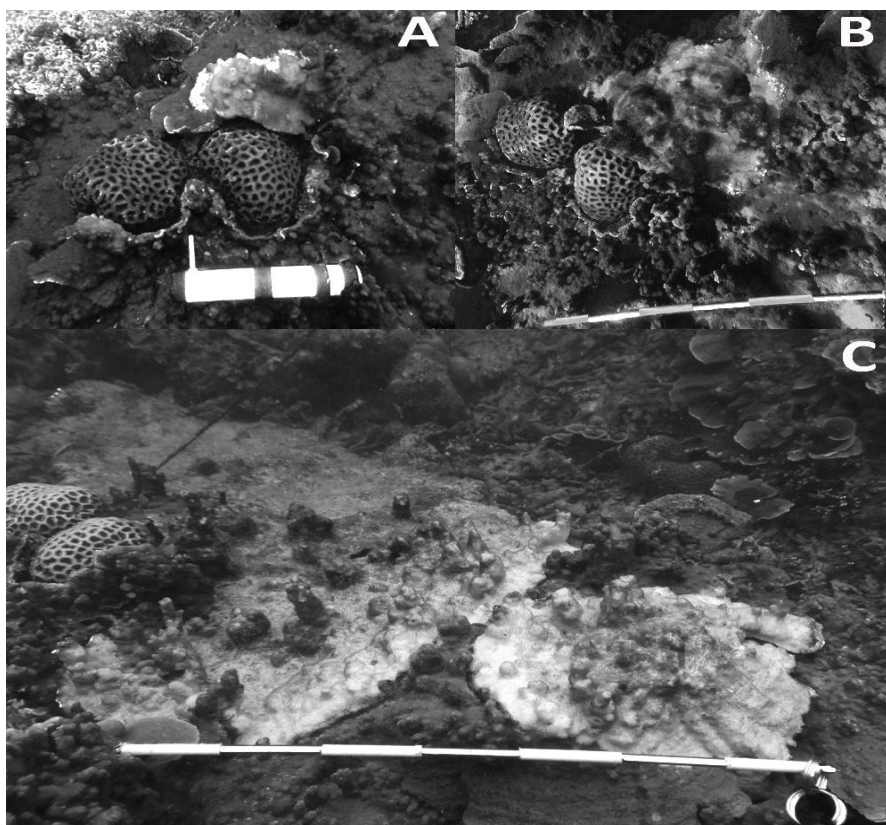
Hasil pengamatan perkembangan BBD pada karang scleractinia *Montipora* spp. dari 8 koloni terinfeksi (n=8) pengamatan menunjukkan bahwa kecepatan perkembangan BBD adalah

berkisar antara 0,20-0,46 cm.hari⁻¹, dengan rata-rata 0,28 ± 0,08 cm.hari⁻¹ (Gambar 5). Hal ini tidak jauh berbeda dari beberapa penelitian lain yang pernah dilakukan pada jenis karang yang berbeda di beberapa lokasi penelitian kasus BBD, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan

beberapa kasus pengamatan menunjukkan bahwa perkembangan BBD pada karang *Montipora* spp. tidak selalu menyebabkan kematian pada keseluruhan koloni karang yang terinfeksi, pada kondisi tertentu infeksi oleh BBD didapati terhenti dan karang yang terinfeksi dapat kembali pulih. Namun sebagian juga ditemukan infeksi tersebut dapat kembali sewaktu-waktu. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pertahanan diri oleh karang terhadap penyakit dan resistensi penyakit pada karang inang.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Kuta dan Richardson (1997) di laut Karibia rata-rata

progres perkembangan BBD adalah 0,3 cm.hari⁻¹ dengan nilai maksimum hingga 2 cm.hari⁻¹, pada rentang pertumbuhan ini BBD sangat berpotensi menyebabkan kematian pada karang. Namun demikian progres perkembangan BBD juga dipengaruhi oleh jenis spesies (Sutherland *et al.*, 2004) dan musim (Boyett *et al.*, 2007). Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka kecepatan perkembangan BBD di perairan gugusan pulau Pari berdampak signifikan menyebabkan terdegradasinya karang Scleractinia terutama pada genera *Montipora*, seperti halnya kasus yang terjadi di perairan Karibia dan Australia, GBR.



Gambar 5. Progres BBD pada karang *Montipora* sp dari bulan Maret (A), Mei (B) dan Juli (C).

Table 2. Perbandingan beberapa penelitian progress infeksi BBD pada beberapa lokasi serta jenis karang scleractinia yang terinfeksi

Ds	Karang	Progres (cm.hr ⁻¹)	Sumber	Lokasi
	± 21 spesies	0, 3 - 2	Kuta dan Richardson, 1997	Karibia
		0, 33 - 1	Weil, 2004	Karibia
BBD	<i>Pachyseries</i> spp	0, 13 - 0, 63	Haapkyla, 2009	Wakatobi
	<i>Montipora</i>	0,3 - 0,37	Sato <i>et al.</i> , 2009	GBR
	<i>Diploria</i> sp	<1	Kuehl <i>et al.</i> 2011	Bermuda
	<i>Favia fавus</i>	0, 1 ± 0, 07	Winter <i>et al.</i> , 2013	Red Sea
	<i>Montipora</i> (n = 8)	0, 20 - 0, 46	Penelitian ini	Pulau Pari

Kasus terulangnya infeksi BBD pada koloni yang pernah terinfeksi juga terlihat pada pengamatan. Beberapa penelitian menemukan bahwa terulangnya infeksi pada koloni yang telah terinfeksi sebelumnya merupakan hal yang sering terjadi (Voss dan Richardson, 2006; Rodríguez dan Cróquer, 2007), ini dapat terjadi karena pada karang tersebut masih tersisa bakteri penyebab BBD atau berasal dari kolom perairan. Infeksi BBD melalui penularan langsung terlihat pada lokasi penelitian ini, dimana terjadi penularan BBD karena dua koloni karang yang terhubung satu sama lain, hal ini juga dilaporkan (Sutherland *et al.*, 2004) pada genus yang sama *Montipora* spp. Richardson (2004) menyatakan bahwa bakteri pada BBD sangat mudah terlepas ke kolom perairan sehingga hal ini memungkinkan BBD menyebar melalui arus, Montano *et al.* (2013) menambahkan bahwa kesehatan dan ketersediaan inang juga mempengaruhi penyebaran BBD. Penyebaran melalui biota (*i.e* ikan, COTs) juga memungkinkan seperti pengamatan Aeby dan Santavy, 2006; Cole *et al.*, 2009).

Belum ada penjelasan penyebab BBD dominan dan secara intensif menginfeksi pada *Montipora* spp., hal ini perlu menjadi perhatian mengingat penyakit ini telah banyak dilaporkan menyebabkan kerusakan karang, pada penelitian di lokasi lain BBD diketahui telah menginfeksi lebih dari 64 jenis karang scleractinia (*i.e* karibia, GBR), sehingga disinyalir adanya kemungkinan BBD pada *Montipora* spp pada penelitian ini adalah karang pionier penyebab meluasnya atau memungkinkan untuk selanjutnya BBD menginfeksi pada jenis karang scleractinia lainnya di perairan Gugusan Pulau Pari.

Kesimpulan

BBD berkontribusi terhadap penurunan penutupan karang scleractinia khususnya pada genera *Montipora*. Suhu perairan berpengaruh positif terhadap prevalensi dan insidensi BBD. Infeksi BBD memiliki implikasi jangka panjang, keberadaan BBD dapat dijumpai di setiap stasiun pengamatan. Prevalensi dan insidensi meningkat pada bulan Mei yang merupakan musim peralihan antara musim hujan dan musim panas. Infeksi BBD dapat berasal dari koloni yang terinfeksi terhubung dengan koloni lain yang belum terinfeksi, melalui pemangsa karang (*i.e* ikan) dan juga diduga berasal dari kolom perairan. Sebaran infeksi BBD secara tidak langsung juga dipengaruhi oleh keberadaan sebaran karang inang (*i.e* *Montipora*).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada UPT LPKSDMO Pulau Pari LIPI atas fasilitas selama penelitian dan juga kepada BU DIKTI yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aeby, G.S. & D.L. Santavy. 2006. Factors affecting susceptibility of the coral *Montastraea faveolata* to black-band disease. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 318: 7. doi:10.3354/meps318103.
- Antonius, A. 1973. New observations on coral destruction in reefs. 10th Meeting Assoc Isl. *Mar. Lab. Carib.* 10:3
- Beeden, R., Willis B.L., Raymundo L.J., Page C.A. & Weil E. 2008. Underwater cards for assessing coral health on IndoPacific reefs. Global Environment Facility Coral Reef Targeted Research Program, St. Lucia
- Bourne, D.G., A. Muirhead & Y. Sato. 2011. Changes in sulfate-reducing bacterial populations during the onset of black band disease. *ISME Journal.* 5(3):559-564. doi:10.1038/ismej.2010.143.
- Boyett, H.V., D.G. Bourne & B.L. Willis. 2007. Elevated temperature and light enhance progression and spread of black band disease on staghorn corals of the Great Barrier Reef. *Mar. Biol.* 151(5):1711-1720. doi:10.1007/s00227-006-0603-y.
- Cole, A., K.C. Seng, M. Pratchett & G. Jones. 2009. Coral-feeding fishes slow progression of black-band disease. *Coral Reefs.* 28(4):965-965. doi:10.1007/s00338-009-0519-3.
- Cramer, K.L., J.B. Jackson, C.V. Angioletti, J. Leonard-Pingel & T.P. Guilderson. 2012. Anthropogenic mortality on coral reefs in Caribbean Panama predates coral disease and bleaching. *Ecol. Lett.* 15(6):561-567. doi:10.1111/j.1461-0248.2012.01768.x.
- DeVantier, L., G. Hodgson, D. Huang, O. Johan, A. Licuanan, D. Obura, C. Sheppard, M. Syahrir & E. Turak. 2008. *Montipora australiensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. doi:10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T133443A3748279.en
- English, S., C. Wilkinson & V. Baker. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources 2nd edn. Australian Institute of Marine Science,

- Townsville. 368p. doi:10.1111/j.1526-100X.2009.00562.x
- Frias-Lopez, J., J.S. Klaus, G.T. Bonheyo & B.W. Fouke. 2004. Bacterial community associated with black band disease in corals. *Appl. Environ. Microbiol.* 70(10):5955-5962. doi: 10.1128/AEM.70.10.5955-5962.2004.
- Green, E.P. & A.W. Bruckner. 2000. Significance of coral disease epizootiology for conservation. *Biological Conserv.* 96:347-361.
- Haapkyla, J., R.K. Unsworth, A.S. Seymour, J.M. Thomas, M. Flavell, B.L. Willis & D.J. Smith. 2009. Spatio-temporal coral disease dynamics in the Wakatobi Marine National Park, South-East Sulawesi, Indonesia. *Dis. Aquat. Organ.* 87(1-2):105-115. doi:10.3354/dao02160.
- Hannak, J.S., S. Kompatscher, M. Stachowitsch & J. Herler. 2011. Snorkelling and trampling in shallow-water fringing reefs: risk assessment and proposed management strategy. *J. Environ. Manage.* 92(10): 2723-2733. doi: 10.1016/j.jenvman.2011.06.012.
- Harvell, D., R. Aronson, N. Baron, J. Connell, A. Dobson, S. Ellner, L. Gerber, K. Kim, A. Kuris & H. McCallum. 2004. The rising tide of ocean diseases: unsolved problems and research priorities. *Front. Ecol. Environ.* 2(7): 375-382.
- Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folke, R. Grosberg, O. H. Guldberg, J.B. Jackson & J. Kleypas. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science.* 301(5635): 929-933. doi: 10.1126/science.1085046.
- Hughes, T.P., N.A. Graham, J.B. Jackson, P.J. Mumby & R.S. Steneck. 2010. Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends. Ecol. Evol.* 25(11):633-642. doi:10.1016/j.tree.2010.07.011.
- Johan, O., D.G. Bengen & N.P. Zamani & Suharsono. 2012. Distribution and Abundance of Black Band Disease on Corals *Montipora* sp in Seribu Islands, Jakarta. *J. Indonesia Coral Reefs.* 1(3): 160-170.
- Kaczmarzky, L.T. 2006. Coral disease dynamics in the central Philippines. *Dis. Aquat. Org.* 69(1):9-21. doi:10.3354/dao069 009.
- Kuehl, K., R. Jones, D. Gibbs & L. Richardson. 2011. The roles of temperature and light in black band disease (BBD) progression on corals of the genus *Diploria* in Bermuda. *J. Invertebr Pathol.* 106(3): 366-370. doi:10.1016/j.jip.2010.12.012.
- Kuta, K.G. & L.L. Richardson. 1997. Black band disease and the fate of diseased coral colonies in the Florida Keys. *Coral Reef Symp.* 1:575-578.
- Massinai, A., A. Rantetondok, A. Tahir & J. Jompa. 2012. Prevalensi Coral Disease and Compromised Health of Stony coral in Barrang Lompo Island South Sulawesi. *J. Mataram.* 8 pp
- Miller, A.W. & L.L. Richardson. 2012. Fine structure analysis of black band disease (BBD) infected coral and coral exposed to the BBD toxins microcystin and sulfide. *J. Invertebr Pathol.* 109(1): 27-33. doi:10.1016/j.jip.2011.09 007.
- Montano, S., G. Strona, D. Seveso & P. Galli. 2013. Prevalence, host range, and spatial distribution of black band disease in the Maldivian Archipelago. *Dis. Aquat. Organ.* 105(1): 65-74. doi: 10.3354/dao02608.
- Muller, E.M. & R. van-Woesik. 2011. Black-band disease dynamics: Prevalence, incidence, and acclimatization to light. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.* 397(1):52-57. doi: 10.1016/j.jembe.2010.11.002.
- Page, C. & B. Willis. 2006. Distribution, host range and large-scale spatial variability in black band disease prevalence on the Great Barrier Reef, Australia. *Dis. Aquat. Organ.* 69:41-51. doi:10.3354/dao069041
- Richardson, L.L. 2004. Black Band Disease. Coral Health and Disease. Rosenberg E. *et al.*, Springer Berlin Heidelberg: 325-336p.
- Richardson, L.L., A.W. Miller, E. Broderick, L. Kaczmarzky, M. Gantar, D. Stanic & R. Sekar. 2009. Sulfide, microcystin, and the etiology of black band disease. *Dis. Aquat. Organ.* 87(1-2): 79-90. doi: 10.3354/dao02083.
- Richardson, L.L., K.G. Kuta, S. Schnell & R.G. Carlton. 1997. Ecology of the black band disease microbial consortium. *Proc. 8th Intl. Coral Reef Symp.* 1:597-600.
- Rodríguez, S., & A. Cróquer. 2007. Dynamics of Black Band Disease in a *Diploria strigosa* population subjected to annual upwelling on the northeastern coast of Venezuela. *Coral Reefs.* 27(2): 381-388. doi: 10.1007/s00338-008-0419-y.

- Rodríguez, S., A. Cróquer, H.M. Guzmán & C. Bastidas. 2008. A mechanism of transmission and factors affecting coral susceptibility to *Halofolliculina* sp. infection. *Coral Reefs*. 28(1): 67-77
- Rützler, K. & D.L. Santavy. 1983. The Black Band Disease of Atlantic Reef Corals - I. Description of the Cyanophyte P. *Mar. Ecol.* 4(4): 301-319. doi:10.1111_j.1439-0485.1983.tb00116.x.
- Sabdon, A. & O.K. Radjasa. 2006 Karakterisasi Molekuler Bakteri yang Berasosiasi dengan Penyakit BBD (Black Band Disease) pada Karang *Acropora* sp di Perairan Karimunjawa. *Ilmu Kelautan*. 11(3):158-162.
- Sato, Y., D.G. Bourne & B.L. Willis. 2009. Dynamics of seasonal outbreaks of black band disease in an assemblage of *Montipora* species at Pelorus Island (Great Barrier Reef, Australia). *Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci.* 276(1668): 2795-2803. doi:10.1098/rspb.2009.0481.
- Sato, Y., B.L. Willis & D.G. Bourne. 2010. Successional changes in bacterial communities during the development of black band disease on the reef coral, *Montipora hispida*. *J. ISME*. 4(2): 203-214. doi: 10.1038/ismej.2009.103.
- Sutherland, K.P., J.W. Porter & C. Torres. 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 266:273-302. doi:10.3354/meps266273
- Viehman, S., D.K. Mills, G.W. Meichel & L.L. Richardson. 2006. Culture and identification of *Desulfovibrio* spp. from corals infected by black band disease on Dominican and Florida Keys reefs. *Dis. Aquat. Org.* 69:119-127. doi:10.3354/dao069119
- Voss, J.D. & L.L. Richardson. 2006. Coral diseases near Lee Stocking Island, Bahamas: patterns and potential drivers. *Dis. Aquat. Organ.* 69(1): 33-40. doi:10.3354/dao069033.
- Weil, E. 2004. Coral reef diseases in the Wider Caribbean. *Coral Health and Disease*. Springer-Verlag: 35-68p.
- Weil, E., G. Smith & D.L. Gil-Agudelo. 2006. Status and progress in coral reef disease research. *Dis Aquat Org.* 69:1-7. doi:10.1038/nclimate1661.
- Winter, E.K., L. Arotsker, D. Rasoulouniriana, N. Siboni & Y. Loya, A. Kushmaro. 2013. The possible role of cyanobacterial filaments in coral black band disease pathology. *Microb. Ecol.* 67:177-185. doi:10.1007/s00248-013-0309-x