



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

DAMPAK *EL NINO* 2015 TERHADAP PEMUTIHAN KARANG BER CABANG (*Acropora* dan *Seriatopora*) DI AREA PERLINDUNGAN LAUT KEPULAUAN SERIBU

CHRISTOFORUS ARIES TIRTA



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Dampak *El Nino* 2015 terhadap Pemutihan Karang Bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) di Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2017

Christoforus Aries Tirta
NIM C54110048

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengunumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

ABSTRAK

CHRISTOFORUS ARIES TIRTA. Dampak *El Nino* 2015 terhadap Pemutihan Karang Bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) di Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu. Dibimbing oleh BEGINER SUBHAN dan ADRIANI SUNUDDIN.

Karang bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) merupakan genus yang umum ekosistem terumbu karang Kepulauan Seribu dan rentan terhadap pemutihan akibat pengaruh *El Nino* yang sempat berlangsung pada tahun 2015. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi kesehatan karang bercabang di Kepulauan Seribu akibat dampak *El Nino* 2015. Survey cepat dilakukan pada Nov-Des 2015 untuk memantau kondisi terumbu karang di 4 stasiun menggunakan Metode yang digunakan adalah visual sensus mengacu *Coral Health Chart* sebagai indikator pemutihan. Informasi sekunder mengenai suhu permukaan laut diperoleh dari *marine.Copernicus.eu* dan *NOAA Coral Reef Watch* untuk menentukan potensi dampak *El Nino* yang berskala global terhadap kondisi lokal di Kepulauan Seribu. Dalam kurun waktu 6 tahun terakhir, rata-rata suhu permukaan laut Kepulauan Seribu adalah 29.7 °C, sedangkan selama *El Nino* 2015 meningkat hingga 2 °C. Secara umum, kondisi terumbu karang di 4 stasiun tergolong sedang dan tidak ada pemutihan karang secara massal terjadi. Karang bercabang *Acropora* lebih rentan terhadap pemutihan dan kondisi yang terparah ditemukan di Stasiun APL Harapan. Koloni karang yang lebih sehat ditemukan di Stasiun APL Pari dan Stasiun APL Tidung.

Kata kunci: pemutihan, karang bercabang, suhu permukaan laut, Kepulauan Seribu, *El Nino* 2015

ABSTRACT

CHRISTOFORUS ARIES TIRTA. The impact of *El Nino* 2015 to Bleaching of Coral Branching (*Acropora* and *Seriatopora*) in Community Based Marine Sanctuary Kepulauan Seribu. Supervised by BEGINER SUBHAN and ADRIANI SUNUDDIN.

Corals branching of genus Acropora and Seriatopora are common in the coral reef ecosystem of Kepulauan Seribu and vulnerable to bleaching events associated with El Nino 2015. This study aimed to examine the condition of coral reef ecosystem and branching corals of Acropora and Seriatopora in Kepulauan Seribu impacted by El Nino 2015. Rapid survey was conducted in Nov-Dec 2015 to monitor coral reef condition at four sites using Coral Health Chart as bleaching indicator, Secondary information on sea surface temperature from marine.Copernicus.eu and NOAA coral reef watch were applied to determine the potential impact of global scale El Nino event to local state in Kepulauan Seribu. In the last 6 years, average sea surface temperature of was 29.7 °C, while during El Nino 2015 it rose up to 2 °C. In general coral reef condition at 4 sites was considered average, and no mass bleaching observed. Acropora was more susceptible to bleaching, and the highest was recorded in Harapan Island. Healthier colonies of corals were observed mostly in Pari Island and Tidung.

Keywords: Bleaching, Branching coral, Sea surface temperature, Kepulauan Seribu, *El Nino* 2015



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

DAMPAK *EL NINO* 2015 TERHADAP PEMUTIHAN KARANG BERCABANG (*Acropora* dan *Seriatopora*) DI AREA PERLINDUNGAN LAUT KEPULAUAN SERIBU

CHRISTOFORUS ARIES TIRTA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Ilmu Kelautan
pada
Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2017**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural




Judul Skripsi : Dampak *El Nino* 2015 terhadap Pemutihan Karang Bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) di Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu
Nama : Christoforus Aries Tirta
NIM : C54110048

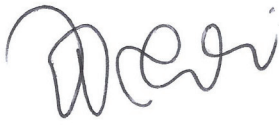
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Disetujui oleh


Begir Subhan, S.Pi, M.Si
Pembimbing I


Adriani Sunuddin, S.Pi, M.Si
Pembimbing II

Diketahui oleh

Dr. Ir. I Wayan Nurjaya, M.Sc.
Ketua Departemen

Tanggal Lulus: 27 APR 2017

Bogor Agricultural



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Terima kasih penulis ucapkan kepada Beginer Subhan S.Pi, M.Si dan Adriani Sunuddin S.Pi, M.Si selaku pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya, kepada Wahid Suherfian, Muzrini dan Pak Erik yang membantu dalam pengamatan di lapangan, Dewa Adhiyatma, Nabil Balbeid, Paradita dan Andre Tiraska yang membantu dalam pengolahan data, dan teman-teman satu jurusan yang tidak bisa disebutkan satu persatu untuk semua dukungannya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, April 2017

Christoforus Aries Tirta

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
METODE	2
Waktu dan Tempat Penelitian	2
Alat dan Bahan	3
Prosedur Analisis Data	3
HASIL DAN PEMBAHASAN	6
El Nino 2015 dan Pengaruhnya terhadap Terumbu Karang	6
Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu	12
Kondisi pemutihan koloni <i>Acropora</i> dan <i>Seriatopora</i>	14
SIMPULAN DAN SARAN	18
Simpulan	18
Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	21
RIWAYAT HIDUP	27

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

1	Rata-rata tahunan suhu permukaan laut Kepulauan Seribu	8
2	Prevalensi pemutihan karang bercabang <i>Acropora</i> dan <i>Seriatopora</i>	17

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi pengamatan terumbu karang di APL Kepulauan Seribu	2
2	<i>Coral Reef Watch Chart</i>	5
3	Prediksi tingkat kerusakan terumbu karang akibat tekanan suhu	7
4	Sebaran suhu permukaan laut Kepulauan Seribu tahun 2010 hingga 2016	8
5	Plot Anomali, <i>Continuus Wavelet Transform</i> , <i>filter bandpass</i>	10
6	Nilai Multivariate ENSO Index	11
7	Komposisi bentuk terumbu di APL Kepulauan Seribu	12
8	Komunitas karang keras di APL Kepulauan Seribu	13
9	Nilai mortalitas karang	13
10	Genus Karang <i>Acropora</i> yang terkena <i>bleaching</i> di APL Tidung	14
11	Nilai Skor <i>Coral Watch Chart</i> genus <i>Acropora</i> di Stasiun Pengamatan	14
12	Genus Karang <i>Seriatopora</i> yang terkena <i>bleaching</i> di APL Pari	15
13	Nilai Skor <i>Coral Watch Chart</i> genus <i>Seriatopora</i> di Stasiun Pengamatan	15

DAFTAR LAMPIRAN

1	Gambar karang <i>Seriatopora</i> yang terkena <i>bleaching</i>	22
2	Gambar karang <i>Acropora</i> yang terkena <i>bleaching</i>	23
3	Tabel nilai skor <i>Coral Watch Chart</i>	24
4	Skrip analisis data dengan pendekatan <i>Continuus Wavelet Transform</i>	25

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu fenomena yang dijumpai pada ekosistem terumbu karang yang seringkali dianggap sebagai dampak dari perubahan iklim dan pemanasan global adalah pemutihan karang. Isu perubahan iklim dipandang sebagai ancaman terbesar kelangsungan hidup terumbu karang karena dapat terjadi berulang-ulang dalam wilayah yang luas (Baker dan Romanski 2007). Pemutihan karang tahun 1997/1998 merupakan bencana terumbu karang yang terbesar, yang merusak sekitar 18% dari luas karang dunia termasuk Indonesia (Hughes *et al.* 2007). Peristiwa tersebut diyakini akibat peningkatan durasi dan frekuensi *El Nino* karena pemanasan global (Brown dan Suharsono 1990), atau kecenderungan pemanasan global yang lama (Sammarco *et al.* 2006).

Karang bercabang merupakan salah satu bentuk pertumbuhan yang paling banyak ditemui di Kepulauan Seribu. Genus karang yang paling parah terkena dampak pemutihan adalah *Acropora*. Karang bercabang (*Acropora*) terlihat lebih peka oleh peningkatan suhu perairan. Dalam kasus ini bisa mencapai 95% dari koloni yang mengalami pemutihan dan mati dalam 3-6 bulan berikutnya (Gleason & Wellington 1993). Perubahan struktur komunitas juga dilaporkan oleh Brown (1997) di Pulau Pari yang rata-rata terumbu karangnya didominasi oleh komunitas *Acropora* bercabang sebelum peristiwa pemutihan pada tahun 1983 mengalami dampak kenaikan suhu permukaan laut dan berujung pada kematian.

Kepulauan Seribu memiliki 5 Area Perlindungan Laut (APL) berbasis masyarakat. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan pada APL Pulau Harapan, APL Pulau Panggang, APL Pulau Tidung, APL Pulau Pari. APL sendiri terbagi menjadi Zona Inti, Zona Penyangga, dan Zona Pemanfaatan (Taman Nasional Kepulauan Seribu). Pada wilayah APL di Pulau Seribu umumnya dilakukan konservasi salah satunya transplantasi karang, sehingga wilayah tersebut sangat diproteksi oleh masyarakat dan tidak digunakan untuk pariwisata dan penangkapan.

El Nino adalah suatu gejala penyimpangan kondisi laut yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan laut (*sea surface temperature*-SST) di Samudera Pasifik sekitar equator khususnya di bagian tengah dan timur (sekitar pantai Peru). Karena lautan dan atmosfer adalah dua sistem yang saling terhubung, maka penyimpangan kondisi laut ini menyebabkan terjadinya penyimpangan pada kondisi atmosfer yang pada akhirnya berakibat pada terjadinya penyimpangan iklim.

Kematian karang yang diakibatkan oleh fenomena kenaikan suhu permukaan laut yang berujung menjadi karang memutih pada saat ini semakin sering terjadi dan akan diperkirakan terus meningkat dengan perubahan iklim global. Fenomena pemutihan karang secara besar-besaran telah terjadi di Samudera Hindia hingga Asia Tenggara dan tidak luput juga laut di Utara Jakarta yang disebabkan oleh naiknya suhu permukaan laut. Berdasarkan data NOAA *Coral Reef Watch* daerah rata-rata suhu permukaan air laut meningkat dan memungkinkan karang menjadi stres sehingga menyebabkan *bleaching*. Karang yang telah memutih dapat mengalami kematian dalam kurun waktu 3-6 bulan (Gleason dan Wellington 1993). Penelitian terhadap pemutihan karang perlu

dikembangkan salah satunya berada di Kepulauan Seribu untuk melihat dampak perubahan kondisi lingkungan.

Karang pembangun terumbu memiliki daya adaptasi yang berbeda terhadap peningkatan suhu lingkungan. Karang masif (*Porites spp.*) relatif tahan terhadap tekanan suhu dan jika mengalami pemutihan cenderung pulih dengan sedikit atau tanpa ada bagian karang yang mati. Kondisi berbeda dimiliki oleh karang bercabang, seperti *Acropora* dan *Seriatopora* yang lebih peka terhadap peningkatan suhu perairan. Salah satu contoh dampak *El Nino*, terlihat pada pemutihan karang *Acropora* di Pulau Weh pada 2010. Kejadian pemutihan juga terjadi di Bunaken, Sulawesi Utara dengan pemutihan hingga 85% pada kurun waktu 2015-2016 (Ampou 2017).

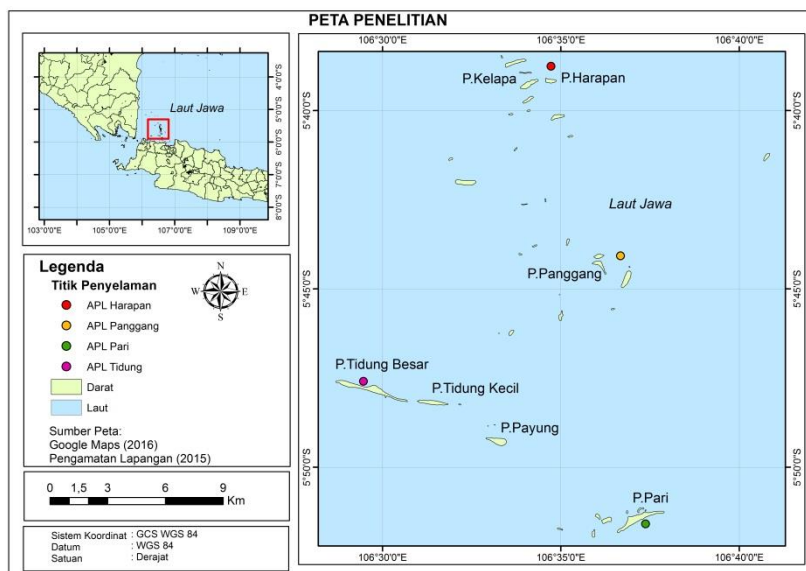
Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak *El Nino* 2015 terhadap koloni karang bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) di Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu, DKI Jakarta (Gambar 1). Pengamatan di lapangan dibagi kedalam dua tahap, yaitu pada 13-14 November 2015 untuk Stasiun APL Panggang dan APL Harapan, serta pada 18-19 Desember 2015 untuk Stasiun APL Pari dan APL Tidung.



Gambar 1. Peta lokasi pengamatan terumbu karang di APL Kepulauan Seribu

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat dasar selam dan *scuba set*, Garmin GPS, kamera *underwater*, data Suhu Permukaan Laut (SPL), data satelit NOAA *Coral Reef Watch*, alat tulis dan kertas *newtop*, *Coral Watch*, laptop.

Metode Pengamatan

Transek sepanjang 30m dengan tiga kali replikasi pada setiap stasiun dengan kedalaman 5-7 m (English *et al.* 1997). Untuk mencatat tutupan terumbu karang berdasarkan metode Transek Garis Menyinggung/*Line Intercept Transect* (LIT). Pencatatan pemutihan karang dengan menggunakan *Visual Sensus* lebar 2.5 m ke kanan dan ke kiri sembari mencocokkan diagram warna pada lembar *Coral Watch* dengan karang bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) yang ditemui.

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan Data Suhu dan *Multivariate ENSO Index*

Pengamatan prediksi tingkat kerusakan terumbu karang ketika *El Nino* 2015 dilakukan dengan menggunakan model NOAA *Coral Reef Watch*. Model ini menjelaskan bagian mana saja yang diduga kuat mengalami pemutihan karang akibat *Thermal Stress*. Gambar model menjelaskan perubahan kondisi wilayah koloni karang terhadap kenaikan suhu permukaan laut dengan munculnya prediksi peringatan dini secara mingguan. Kepulauan Seribu juga mengalami perubahan peringatan dini akibat *Thermal Stress* ini

Data suhu permukaan laut diunduh dari situs *Marine.copernicus.eu*. Data spasial dari citra satelit SENTINEL 1 dengan rata-rata harian dengan resolusi 8x8 km dalam bentuk (*.nc). Data ENSO indeks diunduh dari situs *Esrl.noaa.gov*

Data diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk plot *time series*, *remove mean*, dan standar deviasi digunakan melihat kondisi perubahan suhu selama 2010-2016. Nilai *multivariate ENSO index* diplot untuk melihat kondisi *time series* selama 6 tahun terakhir.

Transformasi *Wavelet*

Transformasi *wavelet* merupakan suatu transformasi yang menghasilkan perubahan waktu dan frekuensi secara bersamaan dari suatu data deret waktu. *Wavelet* lebih cepat untuk mengimplementasikan konvolusi dalam ruang Fourier (Torrence and Compo 1998). Metode transformasi *wavelet* dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena varian waktu serta dapat digunakan untuk pemampatan data. Metode ini memiliki kemampuan melihat data dari berbagai sisi, *wavelet* mampu menyederhanakan dan mengurangi *noise* tanpa memperlihatkan penurunan mutu. Dalam penelitian ini dilakukan metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT).

Prinsip kerja CWT yaitu menghitung sebuah sinyal dengan sebuah jendela modulasi pada setiap waktu menggunakan setiap skala yang diinginkan. Jendela modulasi yang mempunyai skala fleksibel inilah yang biasa disebut induk *wavelet* atau fungsi dasar *wavelet*. CWT menganalisa sinyal dengan perubahan skala pada



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

window yang dianalisis, pergeseran *window* dalam waktu dan perkalian sinyal serta mengintegral semuanya sepanjang waktu. CWT merupakan salah satu fungsi *wavelet* yang sering digunakan. Transformasi *wavelet* kontinu (CWT) didefinisikan sebagai integral terhadap seluruh waktu dari signal dikalikan dengan versi fungsi *wavelet* yang digeser dan diskala dengan hasil dari CWT adalah koefisien *wavelet*, yang merupakan fungsi dari skala dan posisi ditentukan dengan persamaan (Fawcett *et al.* 2008) :

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{a} \Psi \frac{t-b}{a}$$

Keterangan:

- C = Koefisien *wavelet*
- f(t) = Keseluruhan data deret waktu
- Ψ = Fungsi *wavelet*
- a = parameter dilasi
- b = parameter translasi

Penapisan Data

Proses penapisan data bertujuan memisahkan fluktuasi dengan frekuensi yang berbeda (frekuensi tinggi dan frekuensi rendah) dalam data sehingga diperoleh data sesuai dengan fluktuasi dengan frekuensi yang diinginkan. Pada penelitian digunakan filter *bandpass*. BPF (*Band Pass Filter*) adalah suatu proses penyaringan sinyal agar data yang dihasilkan menjadi lebih tajam, dimana filter *bandpass* melemahkan frekuensi rendah dan tinggi, tetapi tetap berada pada sebuah *band* dengan rentang frekuensi tengah. Dalam oseanografi *bandpass* meloloskan pita frekuensi isolasi variabilitas pada kisaran frekuensi yang sempit.

Amplitudo filter ideal untuk *bandpass* didefinisikan dengan persamaan (Emery and Thomson 1998) :

$$|H(f)| = 1 \text{ untuk } f_{c1} \leq f \leq f_{c2}$$

f_c (*cut-off* frekuensi) = batas transisi dari *pass band* ke *stop band*

Rentang periode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Antar-tahunan (*Inter-annual*) = 728 – 1288 hari

Tahunan (*Annual*) = 356 – 377 hari

Semi-tahunan (*Semi-annual*) = 168 – 192 hari

Intra-musiman (*Intra-seasonal*) = 30 – 90 hari

Persentase Komposisi Bentik

Persentase penutupan substrat dasar menggunakan rumus dibawah ini (English *et al.* 1997):

$$Ci = \frac{li}{l} \times 100\%$$

Dimana : Ci = Persentase komposisi bentik

li = Panjang total kategori substrat dasar (cm)

l = Panjang transek (cm)

Data persentase komposisi bentuk yang diperoleh dikategorikan berdasarkan nilai karang hidup menurut Zamani dan Madduppa (2011), yaitu:

- a. Buruk : 0 - 24,9 %
- b. Sedang : 25 - 49,9 %
- c. Baik : 50 - 74,9 %
- d. Sangat Baik : 75 - 100 %

Indeks Mortalitas

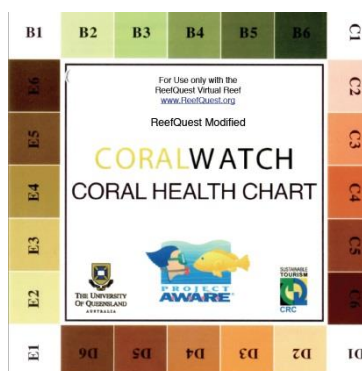
Nilai indeks mortalitas karang didapatkan dari persentaseutupan karang mati dan patahan karang yang dibagi dengan persentase karang hidup (Gomez dan Yap 1988):

$$MI = \frac{A}{(A+B)}$$

- Dimana : *MI* = Indeks mortalitas
- A* = Nilaiutupan mati dan patahan karang
- B* = Nilaiutupan hidup

Pemutihan Karang

Identifikasi warna karang menggunakan kartu *Coral Watch* yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kesehatan koloni karang berdasarkan warna koloni dan dicocokkannya dengan warna pada kartu (Gambar 2). Metode *fingerprinting* ini mudah digunakan untuk melihat kondisi kesehatan karang yang akan diamati. Metode ini hanya menggunakan bagan kesehatan karang yang diikuti petunjuk pada grafik untuk mengidentifikasi karang, cara penggunaan dengan melihat atau mendekati diagram kesehatan karang tersebut ke koloni karang yang akan diamati, kemudian memilih warna koloni yang sesuai dengan diagram *Coral Health Chart* (Siebeck *et al.* 2008).



Gambar 2 *Coral Health Chart*

Prevalensi Pemutihan Karang

Perhitungan prevalensi pemutihan karang didasarkan pada Beeden *et al.* (2008) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Prevalensi} = \frac{\text{Total koloni yang terkena suatu penyakit}}{\text{Total koloni secara keseluruhan}} \times 100$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

HASIL DAN PEMBAHASAN

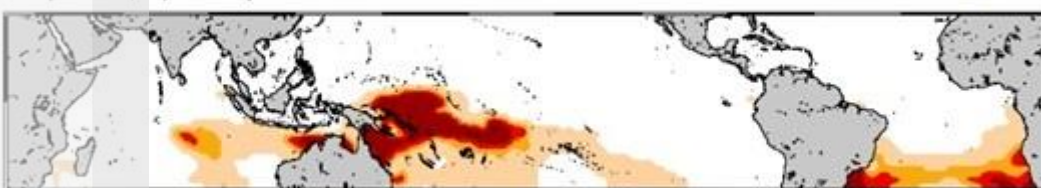
El Nino 2015 dan Pengaruhnya terhadap Terumbu Karang

El Nino adalah suatu gejala penyimpangan kondisi laut yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan laut di Samudera Pasifik sekitar equator khususnya di bagian tengah dan timur (sekitar Pantai Peru). Lautan dan atmosfer adalah dua sistem yang saling terhubung, maka penyimpangan kondisi atmosfer ini menyebabkan terjadinya penyimpangan pada kondisi laut. Fenomena *El Nino* bukanlah kejadian yang terjadi secara tiba-tiba. Proses perubahan suhu permukaan laut yang biasanya dingin kemudian menghangat bisa memakan waktu dalam hitungan minggu hingga bulan. Pengamatan suhu permukaan laut juga bisa bermanfaat dalam pembuatan prediksi atau prakiraan akan terjadinya *El Nino*, karena kita bisa menganalisis perubahan suhu muka laut dari waktu ke waktu.

Fenomena *El Nino* yang cukup kuat terjadi pada tahun. Intensitas *El Nino* secara numerik ditentukan berdasarkan besarnya penyimpangan suhu permukaan laut. Jika menghangat lebih dari 1.5 °C, maka *El Nino* dikategorikan kuat. Hal tersebut terjadi di perairan Indonesia dengan kurun waktu yang berbeda selama tahun 2015 (BMKG 2015).

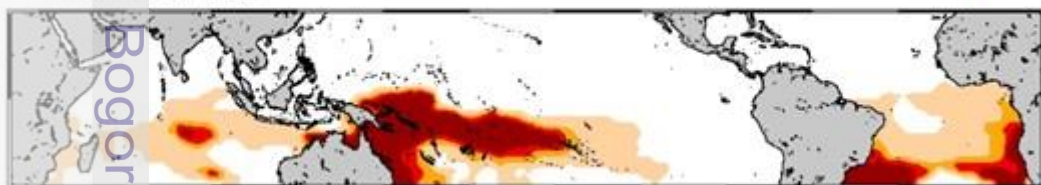
Dampak dari *El Nino* mulai dari intensitas pemanasan sinar matahari yang cukup tinggi disertai turunnya intensitas hujan hingga perubahan ekologi terutama pada ekosistem terumbu karang. Ekosistem terumbu karang sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu, maka penting untuk mengetahui fenomena *El Nino* karena terkait dengan perubahan suhu di laut. Suhu permukaan laut juga mengalami peningkatan pada jenjang masa *El Nino*. Hal tersebut juga didukung oleh model NOAA *Coral Reef Watch* yang menggambarkan sebaran karang global yang mengalami kenaikan suhu permukaan laut dampak dari proses *El Nino*.

NOAA Coral Reef Watch Coral Bleaching Thermal Stress Outlook: 1-Week forecast for Feb 15 2015 (Version 2, Experimental)



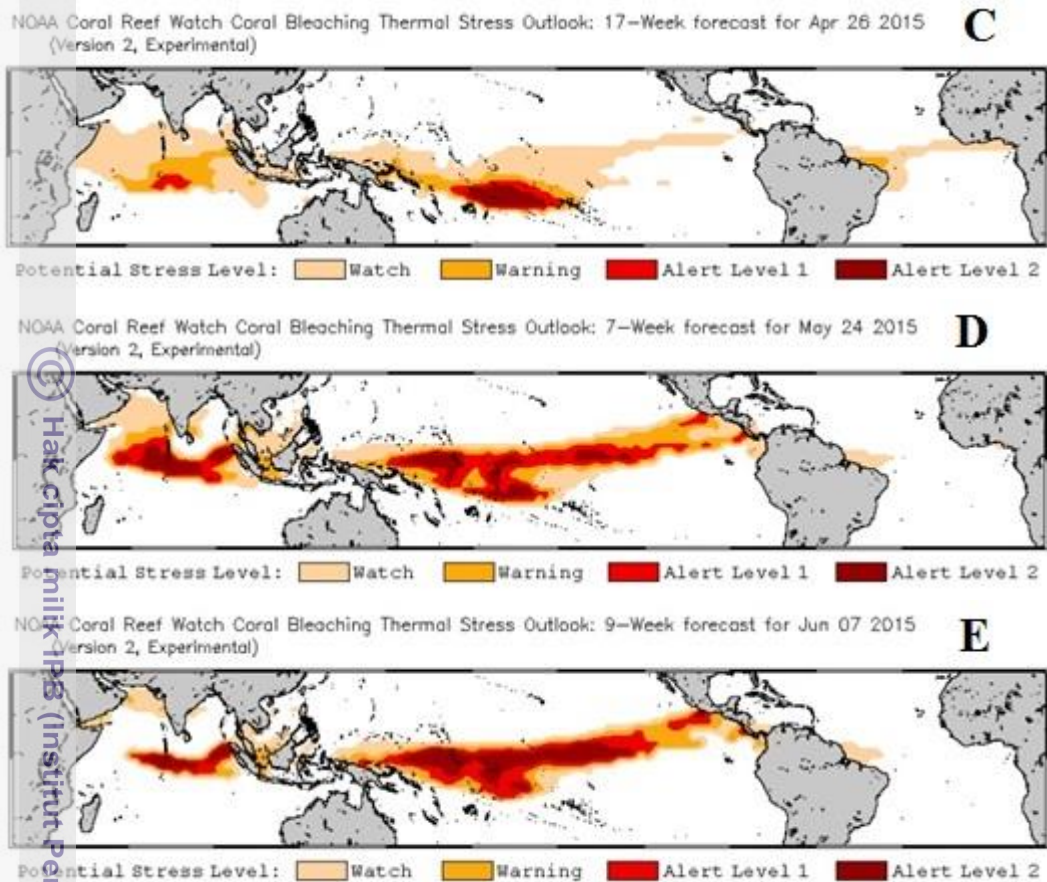
Potential Stress Level: Watch Warning Alert Level 1 Alert Level 2

NOAA Coral Reef Watch Coral Bleaching Thermal Stress Outlook: 7-Week forecast for Mar 15 2015 (Version 2, Experimental)



Potential Stress Level: Watch Warning Alert Level 1 Alert Level 2

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3 Prediksi tingkat kerusakan terumbu karang global akibat tingginya suhu permukaan laut ketika *El Nino* 2015, pada bulan Februari (A), Maret (B), April (C), Mei (D), dan Juni (E).
(Sumber: coralreefwatch.noaa.gov)

Gambar 3 adalah prediksi kerusakan terumbu karang global yang ada di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, terutama di kawasan tropis yang banyak ditemukan terumbu karang akibat perubahan suhu yang dipaparkan secara mingguan, diambil sampel tiap bulannya mulai Bulan Februari hingga Juni 2015. Potensi skala kerusakan dilihat dari tingkat stres karang mulai dari *watch* atau berjaga-jaga, *warning* atau peringatan, *alert level 1* atau waspada pertama dan *alert level 2* atau waspada penuh. Terjadi perpindahan massa air hangat yang ditunjukkan dengan level peringatan pada gambar 3 *alert 2* menunjukkan potensi paling tinggi mengalami pemutihan, hal tersebut dipengaruhi oleh suhu yang meningkat. Pola pergeseran massa air laut dipengaruhi oleh arus dan musim (Hutabarat 2008) Pada awal tahun 2015 suhu tinggi berada di sekitar Papua Nugini lalu menuju selatan yang dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia menuju Samudera Hindia. Pada bulan Februari hingga Maret 2015, massa air hangat tersebut bergerak di Samudera Hindia menuju Timur Afrika dan dibelokkan ke utara. Bulan Mei dan Juni 2015, massa air tersebut masuk ke perairan Indonesia melewati Selat Malaka akibat pengaruh musim barat. Angin dari barat menggerakkan air ke timur sehingga masuk ke Sumatra hingga Kepulauan Seribu yang mengalami *Alert 1* pada Bulan Juni 2015.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milk IPB (Institut Pertanian Bogor)

Eggcor Agricultural

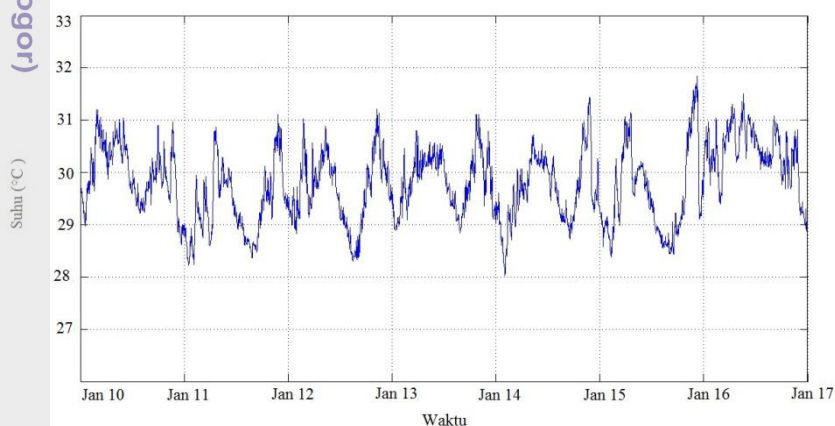
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 1 Rata-rata tahunan suhu permukaan laut Kepulauan Seribu tahun 2010 -2016

Tahun	Suhu
2010	29.99 °C
2011	29.36 °C
2012	29.66 °C
2013	29.84 °C
2014	29.67 °C
2015	29.58 °C
2016	30.37 °C

Suhu permukaan laut di Kepulauan Seribu mengalami naik-turun yang fluktuatif. Tahun 2010 ke 2011 mengalami perubahan signifikan dengan penurunan sebanyak 0.5 °C ke suhu terendah selama 6 tahun terakhir yakni 29.36 °C. Perubahan suhu tertinggi terjadi tahun 2015 ke 2016 sebanyak 0.8 °C ke suhu paling tinggi yakni 30.37 °C. Perubahan suhu yang tinggi ini mengindikasikan adanya anomali.

Kondisi normal suhu permukaan laut di Kepulauan Seribu adalah 28-30 °C (Yusri 2011). Suhu perairan Kepulauan Seribu juga tercatat tinggi dalam penelitian sebelumnya pada bulan Maret mencapai 31.6 °C (Ichsan 2015). Suhu optimal untuk pertumbuhan karang bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) adalah 27-28 °C. Peningkatan suhu hanya beberapa derajat sedikit di atas ambang batas (1-3 °C) dapat mengurangi laju pertumbuhan atau kematian yang luas pada spesies karang secara umum (Neudecker 1987; Jokiel dan Coles 1990).

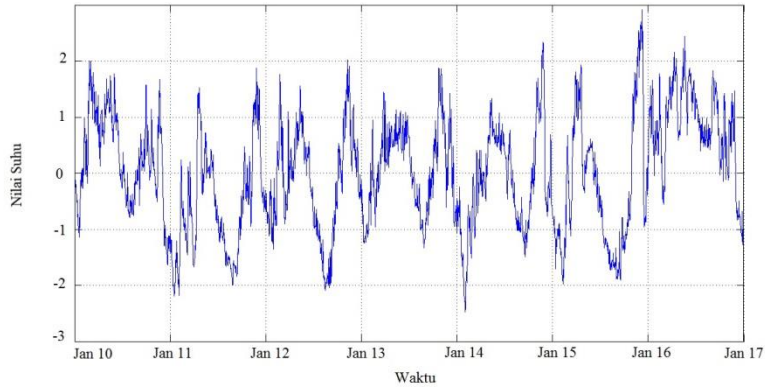


Gambar 4 Sebaran suhu permukaan laut Kepulauan Seribu tahun 2010 hingga 2016

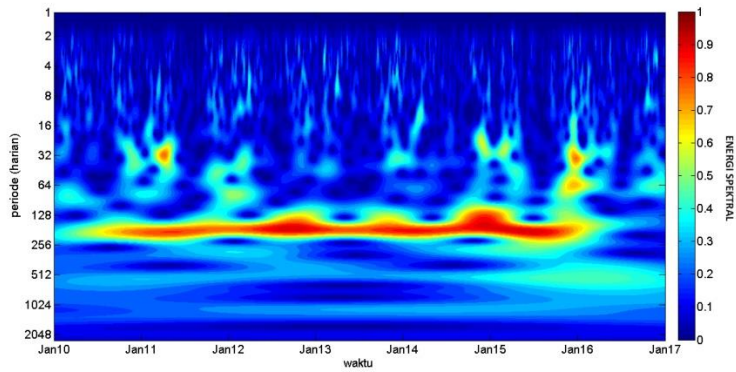
Penelitian ini dilaksanakan pada November dan Desember 2015 (Gambar 4) dimana suhu mengalami anomali yang besar. Rata-rata di awal tahun 2015 berada di suhu 29 °C dan meningkat hingga 31.5 °C diakhir tahun 2015 dan tetap tinggi hingga pertengahan 2016. Suhu tertinggi terjadi pada Bulan Desember 2015

dengan nilai 31.84 °C. Hal tersebut berada diatas rata-rata suhu permukaan Kepulauan Seribu 2016 selama 6 tahun terakhir yakni 29.7 °C.

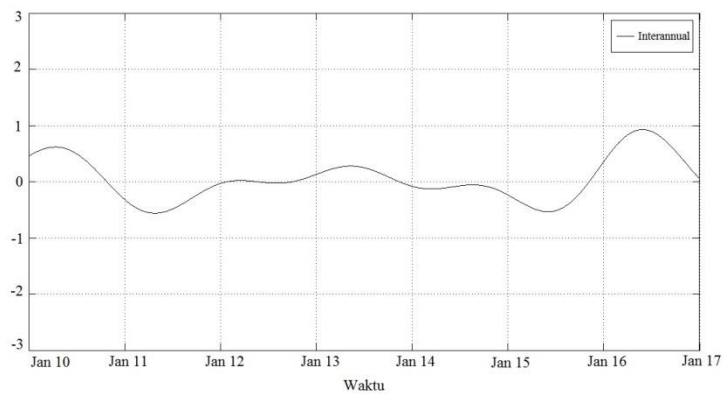
World Meteorological Organization (2015) menjelaskan bahwa *El nino* terjadi pada 2015-2016 dan akan meningkat pada akhir tahun 2015. Peningkatan ini hingga 2 °C dari rata-rata suhu permukaan laut. Hal tersebut mengakibatkan kemungkinan terjadi pemutihan karang termasuk di wilayah Kepulauan Seribu.



A



B



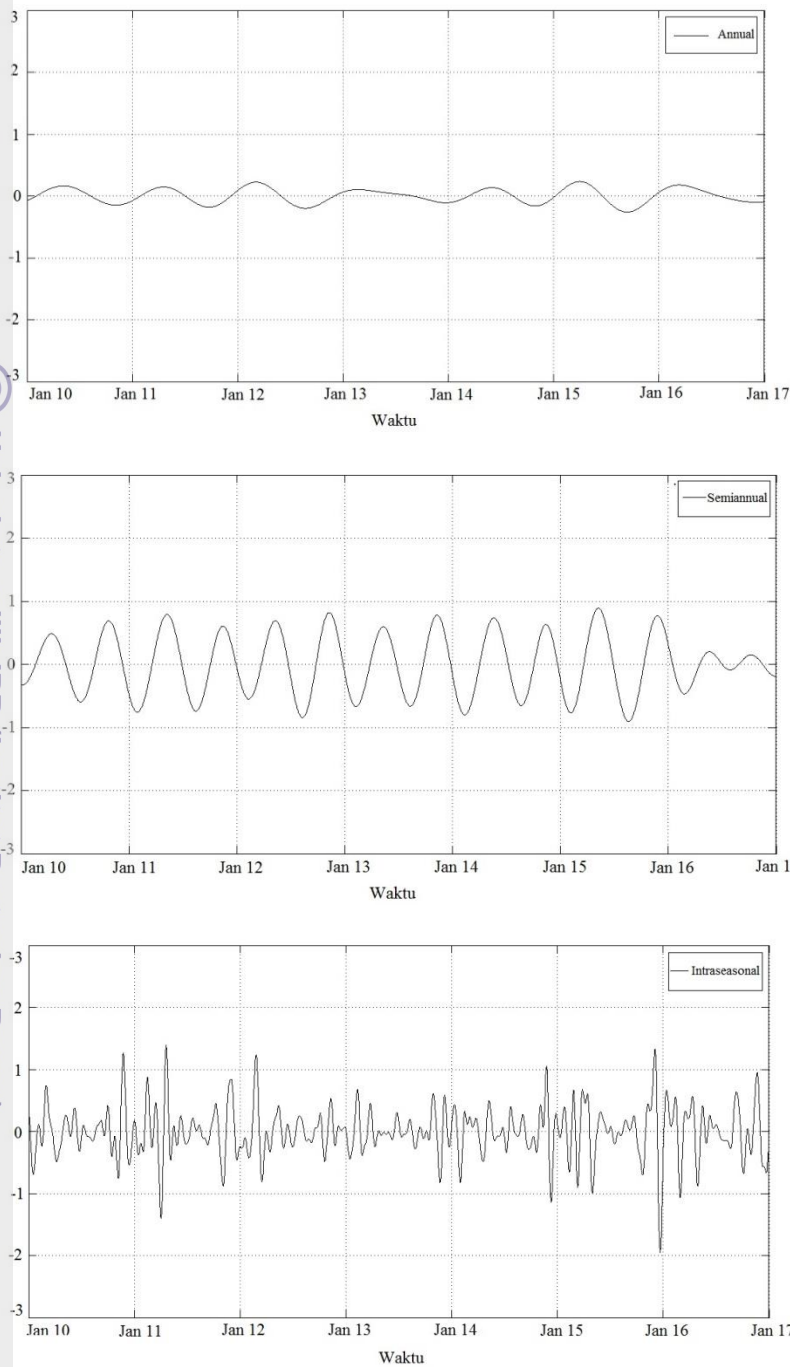
C

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



D

E

F

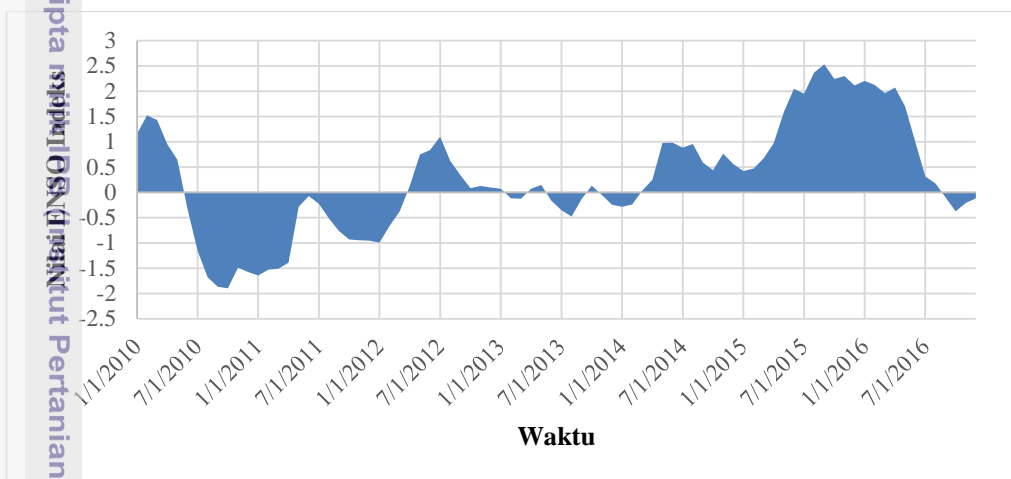
Gambar 5 Plot anomali suhu (A), CWT (B), filter bandpass skala inter-annual (C), annual (D), semi-annual (E), dan intra-seasonal (F) dari SPL tahun 2010 sampai 2016

Fluktuasi dominan tertinggi dilihat dari besarnya nilai energi spektral (Gambar 5B) ditemukan pada periode semi tahunan (*semi-annual*) dengan kisaran periode 128 hari sampai 256 hari. Fluktuasi dominan terendah ditemukan pada periode tahunan (*annual*) dengan kisaran 256 hingga 512 hari. Perairan Kepulauan Seribu sendiri lebih dipengaruhi oleh pergantian musim Barat dan Timur, dan mengalami peningkatan suhu di rentang musim peralihan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Fluktuasi juga terjadi pada periode antar tahunan (*inter-annual*), kondisi tersebut mengalami peningkatan sinyal pada akhir tahun 2015 dan awal tahun 2016, amplitudo menguat dari $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Gambar 5C), hal tersebut mengindikasikan adanya korelasi dengan terjadinya *El Nino* mengacu pada indeks ENSO yang menguat pada periode tersebut (Gambar 8).

Kondisi suhu permukaan laut pada tahun 2015-2016 berada di atas rata-rata kondisi normal (Gambar 5A). Hal menyebabkan perubahan kondisi lingkungan yang terjadi di ekosistem terumbu karang di wilayah Kepulauan Seribu. Perubahan suhu hingga $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat menyebabkan karang menjadi stres dan menjadi faktor utama dalam terjadinya pemutihan. Perubahan suhu tahun 2015 dan 2016 cukup signifikan dibandingkan tahun sebelumnya. Ada indikasi pengaruh *El Nino*, hal itu didukung oleh indeks *El Nino*. Nilai indeks yang tergolong kuat memiliki kesesuaian dengan penguatan suhu permukaan air laut yang terjadi di Kepulauan Seribu.



Gambar 6 Nilai *Multivariate ENSO Index* dari Januari 2010 hingga Desember 2016

Multivariate ENSO Index merupakan pengukuran indeks *El Nino* yang menggunakan enam komponen yakni; tekanan muka air, angin permukaan zonal dan meridional, suhu permukaan laut, suhu udara permukaan dan awan (Wolter and Timlin 1993). Pada tahun 2015 dan 2016 kondisi *El Nino* cenderung tinggi dari skala pada gambar 6 nilainya di atas 2 yang digolongkan sangat kuat. Nilai tertinggi berada di akhir tahun 2015 yang nilainya mencapai 2.5 (Gambar 6). Suhu permukaan laut di daerah Kepulauan Seribu tidak dipengaruhi langsung oleh ENSO namun kondisi atmosfer akibat fenomena tersebut tentu memberikan dampak sesuai dengan perubahan yang terjadi. Hal ini menandakan adanya kesesuaian dengan nilai ENSO. Perubahan suhu permukaan air laut sendiri diakibatkan oleh pemanasan sinar matahari yang tinggi selama periode tersebut karena awan dan hujan tidak sampai ke sekitar barat Indonesia termasuk Kepulauan Seribu.

Banyak ahli yang menyatakan penyebab karang *bleaching* karena berbagai macam faktor seperti tinggi dan rendahnya suhu, tingginya radiasi ultra violet, lamanya area karang yang terkena cahaya matahari secara langsung, tinggi

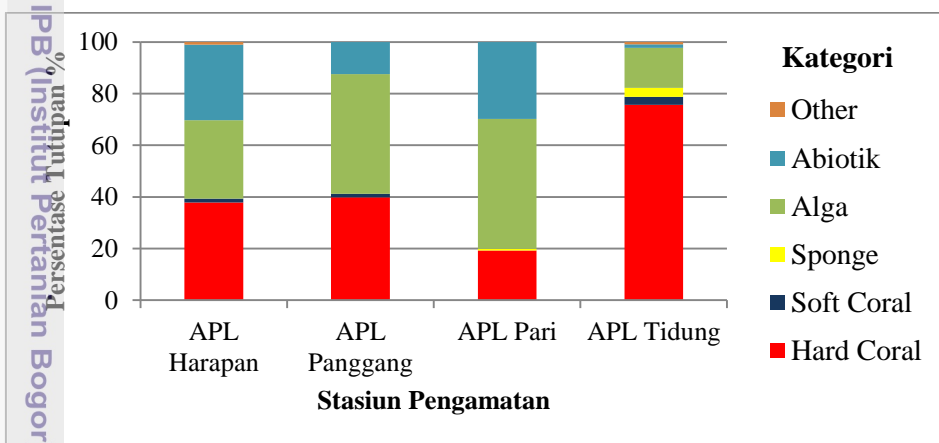
rendahnya kadar salinitas, pemasukan air tawar, tingginya sedimen, polusi dan pengurangan nutrient (Coffort *et al.* 1990; Glynn 1990; McClanahan 2002).

Perubahan suhu yang cukup drastis dalam waktu relatif singkat ini mengakibatkan banyak terjadi perubahan faktor ekologi di perairan diseluruh dunia. Salah satu akibat yang paling mencolok adalah terjadinya fenomena *bleaching* pada ekosistem terumbu karang di seluruh dunia termasuk di Indonesia

Meskipun batas toleransi karang terhadap suhu bervariasi antarspesies atau antardaerah pada spesies yang sama, tetapi dapat dinyatakan bahwa karang dan organisme terumbu hidup pada suhu dekat dengan batas atas toleransinya (Johannes 1975), oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hewan-hewan karang relatif sempit toleransinya terhadap suhu.

Pemutihan terjadi dalam kurun waktu 1 hingga 3 bulan dengan kondisi lingkungan yang berapa di atas ambang normal. Sehingga didapat korelasi antara prediksi dengan kondisi yang ada yakni terjadi pemutihan akibat kondisi lingkungan yang melebihi batas normal, yakni suhu perairan hingga 2 °C melebihi batas normal.

Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu



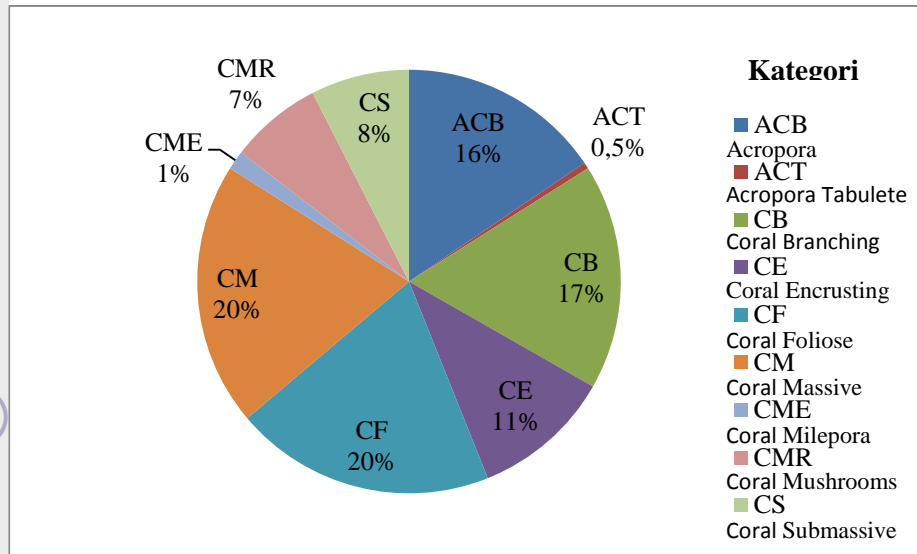
Gambar 7 Komposisi bentik terumbu di APL Kepulauan Seribu

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tutupan karang keras (*hard coral*) tertinggi terdapat di Stasiun APL Tidung dengan nilai mencapai 75.63% (Gambar 7) dan yang terendah terdapat di Stasiun APL Pari dengan nilai 19.3%. APL Tidung digolongkan dalam kategori sangat baik, APL Harapan (37.84%) dan APL Panggang (39.85%) dalam kategori sedang, dan APL Pari dalam kategori buruk menurut Zamani dan Maddappa (2011). Setiap APL memiliki kondisi yang berbeda karena pada dasarnya memiliki program manajemen yang berbeda pada setiap pulau. Untuk kondisi yang rusak dijadikan APL oleh masyarakat dengan dibangun instalasi transplantasi contohnya APL Pari, APL Harapan dan APL Panggang. Sedangkan untuk APL Tidung kondisinya tergolong baik manejemennya adalah perlindungan oleh kelompok masyarakat.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

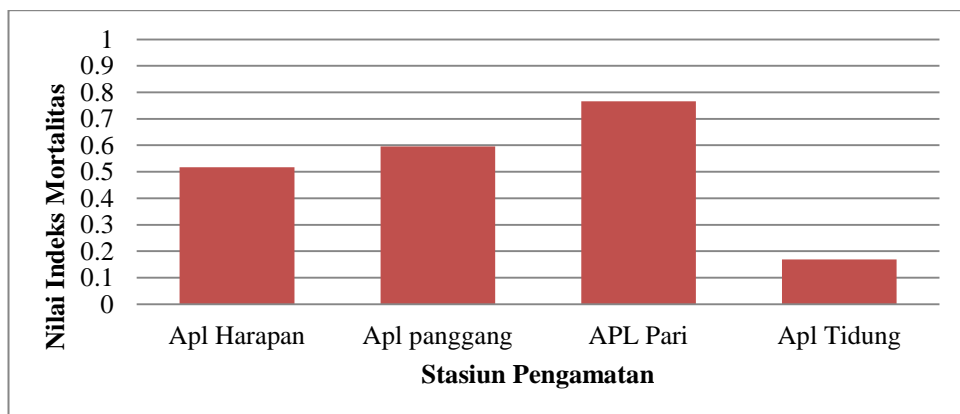


Gambar 8 Komunitas karang keras di APL Kepulauan Seribu

Komunitas karang keras yang ditemukan di 4 stasiun pengamatan cukup beragam. Persentase tertinggi yaitu karang bercabang (ACB) *Acropora Coral Branching* dan (CB) *Coral Branching*, serta karang lembaran atau *Coral Foliose* (CF) dan karang padat atau *Coral Massive* (CM). Menurut Smith dan Hughes (1999) karang bercabang cenderung dapat tumbuh lebih cepat dibanding dengan bentuk pertumbuhan lainnya, namun di sisi lain memiliki kerentanan yang lebih terhadap gangguan. Kondisi perairan yang berarus pada perairan dangkal pun menjadi salah satu penyebab banyaknya terdapat terumbu karang bercabang. Persentase tutupan karang bercabang mencapai 33% dari keseluruhan karang keras yang ada dari seluruh stasiun pengamatan.

Nilai Indeks Mortalitas Karang

Indeks mortalitas karang yang mendekati nol menunjukkan bahwa tidak ada perubahan berarti bagi karanghidup, sedangkan nilai yang mendekati satu menunjukkan bahwa terjadi perubahan berarti dari dari karang hidup menjadi karang mati.



Gambar 9 Nilai mortalitas karang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

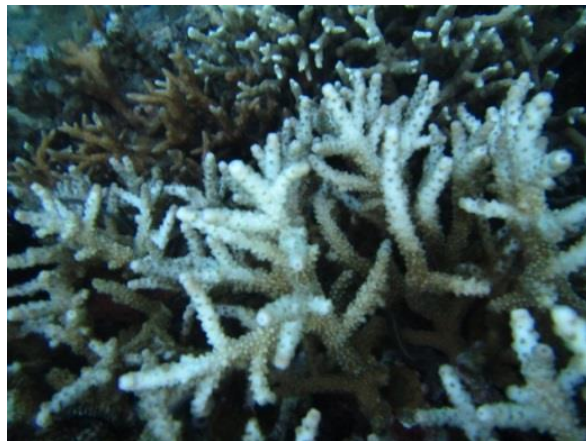
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

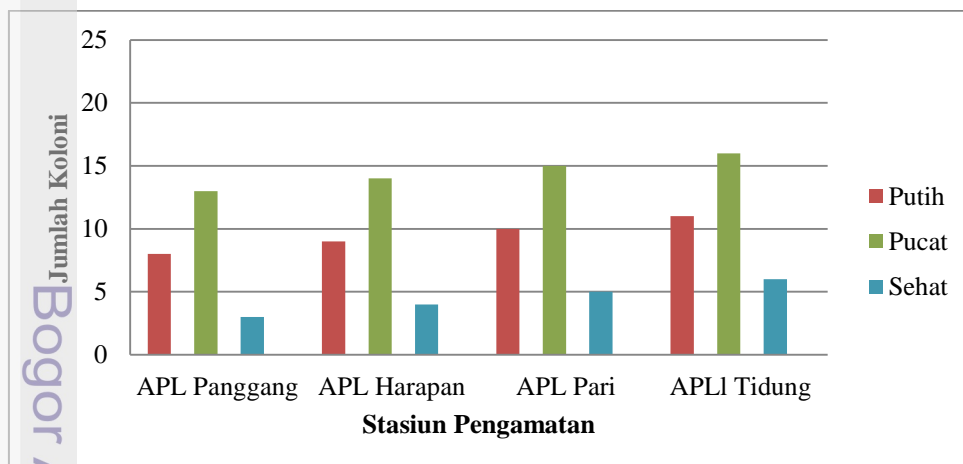
Indeks mortalitas di 4 stasiun pengamatan berkisar antara 0,77 hingga 0,17. Pada stasiun APL Pari memiliki Indeks Mortalitas yang tinggi dibandingkan stasiun lainnya (mendekati 1) yang artinya perubahan karang hidup menjadi karang mati sangat berarti, hal ini menandakan di stasiun tersebut terumbu karang yang mati cukup tinggi. Saat pengamatan langsung dilapangan kondisi di APL Pari memiliki karang hidup yang sedikit dan banyak sekali ditemukan karang mati ditumbuhi alga dan rubble, pada APL Panggang kondisinya juga tidak jauh berbeda untuk karang matinya.

Penilaian kondisi pemutihan koloni karang bercabang *Acropora* dan *Seriatopora*

Menurut Siebeck *et al.* (2008), skor 0-2 hasil pengukuran skala warna menggunakan *coral watch* menunjukkan fragmen karang kritis dan berpotensi terjadi *bleaching*. Skor 3-4 menunjukkan kondisi karang yang kurang sehat, dan skor 5-6 menunjukkan karang berada pada kondisi sehat (Gambar 2). Dari beberapa jenis karang yang ditemui, ada dua jenis yang paling dominan mengalami pemutihan yaitu *Acropora* dan *Seriatopora*.



Gambar 10 Genus karang *Acropora* yang terkena *bleaching* di APL Tidung

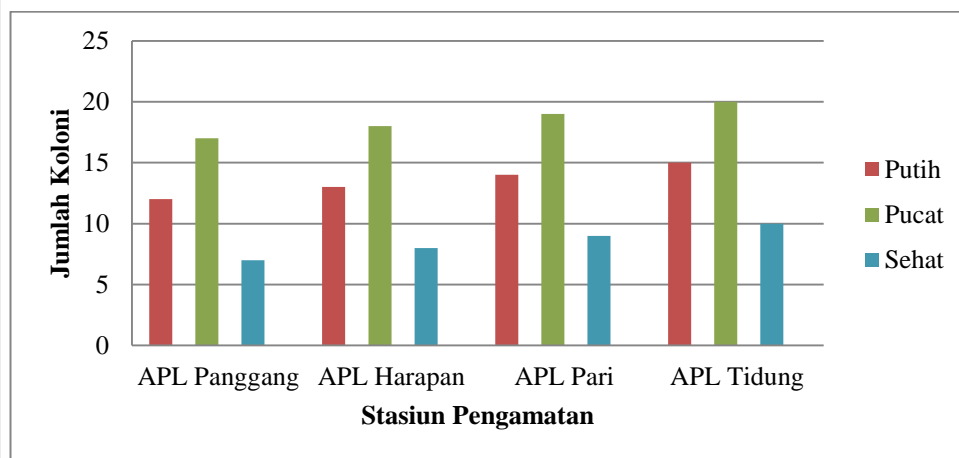


Gambar 11 Nilai skor *Coral Reef Watch Chart* genus *Acropora* di stasiun pengamatan

Hasil pengamatan *Coral Watch* kondisi *Bleaching* (Skor 1 dan 2) untuk jenis *Acropora* tertinggi terdapat pada Stasiun APL Harapan dan APL Tidung (Gambar 10). Koloni yang mengalami pemutihan terbanyak yaitu sejumlah 17 koloni di APL Tidung. Karang dengan nilai pucat juga memiliki potensi menjadi *bleaching*. Sehingga kondisi di APL Pari dan APL Harapan yang memiliki nilai pucat cukup tinggi masih ada kemungkinan akan menjadi putih atau pemulihan. Karang yang mengalami pemucatan akan mengalami dua kemungkinan yaitu sembuh kembali atau menjadi putih yang kemudian mati (McClanahan 2004).



Gambar 12 Genus karang *Seriatopora* yang terkena *bleaching* di APL Pari



Gambar 13 Nilai skor *Coral Reef Watch Chart* genus *Seriatopora* di stasiun pengamatan

Untuk jenis karang *Seriatopora* kondisi *bleaching* tertinggi ada pada Stasiun APL Pari dan APL Tidung dengan jumlah lebih dari 10 koloni. APL Tidung memiliki skor karang sehat paling tinggi disbanding stasiun pengamatan lainnya. Untuk di wilayah Potensi terjadinya *bleaching* terus terjadi dilihat dari pengumuman situs NOAA bahwa kondisi Kepulauan Seribu dalam status *Alert 2* (Lampiran 3) dengan kemungkinan karang mengalami stres lebih dari 60% pada bulan Januari 2016.

Brown dan Suharsono (1990) melaporkan bahwa di Laut Jawa pernah terjadi kematian karang keras dan lunak sebanyak 80-90% dengan karang keras

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang paling rentan adalah Acroporidae. Suku Acroporidae dijelaskan oleh Marshall dan Schuttenberg (2006) menjadi suku yang paling rentan terhadap pemutihan akibat kenaikan suhu, khususnya koloni dengan karakteristik yang bercabang dan bentuk meja. Pengamatan pemutihan karang yang dilakukan oleh Estradivari *et al.* (2006) di Pulau Petondan Timur, Kepulauan Seribu juga menyebutkan Acroporidae sebagai suku yang paling banyak mengalami pemutihan. Marshall dan Schuttenberg (2006) menjelaskan bahwa jenis yang memiliki koloni yang padat dan masif cenderung memiliki tingkat ketahanan yang medium hingga tinggi terhadap pemutihan. Famili Poritidae, Fungidae, Pavidae dan Mussidae umumnya memiliki jaringan yang rapat dan pertumbuhan yang lambat.

Pemutihan karang mengacu pada hilangnya simbiosis alga *zooxanthellae* atau pigmen dari karang itu sendiri. *Bleaching* adalah respon stres pada permukaan atau seluruh koloni karang yang disebabkan oleh beberapa faktor. Untuk pemutihan skala besar sangat berkorelasi terhadap peningkatan suhu laut. Pemutihan karang global dipengaruhi oleh anomali suhu dan menyebabkan mortalitas masih sehingga dianggap degradasi karang global (Guest *et al.* 2016). Setiap karang memiliki adaptasi yang berbeda terhadap perubahan kondisi lingkungannya. Untuk karang bercabang yang terkena pemutihan kemungkinan besar akan mengalami kematian, berbeda dengan karang masif yang masih lebih mudah untuk *recovery*. Hal itu disebabkan oleh struktur pembentuk karangnya. Karang bercabang umumnya lebih kecil dibanding karang masif, sehingga saat terjadi pemutihan akan sampai seluruh bagian strukturnya, untuk karang masif strukturnya lebih kompleks karena lapisan polip yang tebal sehingga menyisakan ruang untuk hewan karang atau alga untuk berlindung. Hal tersebut juga berpotensi terjadi di wilayah Kepulauan Seribu.

Menurut data citra tentang suhu, jelas dilihat bahwa suhu mengalami kenaikan di atas rata-rata suhu normal. Peningkatan suhu air laut menjadi faktor utama yang menyebabkan pemutihan dalam penelitian ini. Faktor peningkatan suhu air laut diasosiasikan dengan pemanasan global yang disebabkan oleh peningkatan radiasi matahari, *El Nino* dan efek rumah kaca. Seperti diketahui, karang termasuk fauna dengan toleransi suhu yang rendah. Peningkatan suhu sebesar 1-1.5 °C terhadap nilai rata-rata diketahui sudah dapat memicu terjadinya pemutihan karang (Baker *et al.* 2008; Douglas 2003; Lesser 2004; Saptarini & Muzaki 2010). Suhu terakhir yang tercatat berada di level 31.8 °C, keadaan ini masih di atas suhu normal di Kepulauan Seribu yang berada di level 28-30 °C dan berada di atas suhu optimum untuk pertumbuhan karang. Hal tersebutlah yang menjadi masalah utama pemutihan karang. Kejadian pemutihan juga terjadi di Bunaken, Sulawesi Utara dengan pemutihan hingga 85% pada kurun waktu 2015-2016 (Ampou 2017).

Saat terjadi *El Nino*, terjadi peningkatan suhu air laut di kawasan sekitar Samudera Hindia dan Pasifik yang memicu terjadinya pemutihan karang secara massal. Hal ini adalah faktor meningkatnya suhu permukaan air laut. Daerah Kepulauan Seribu juga mengalami peningkatan, salah satunya intensitas pemanasan sinar matahari yang cukup tinggi dan panjang pada periode *El Nino*. NOAA *Coral Reef Watch* juga menjelaskan adanya potensi pemutihan karang pada wilayah Kepulauan Seribu. Hal ini merupakan indikasi awal karang menjadi stres akibat perubahan kondisi perairan. Pengaruh atmosfer yang paling

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

mempengaruhi kondisi perairan dangkal seperti di Kepulauan Seribu, karena sirkulasi rendah. Atmosfer saat *El Nino* daerah barat Indonesia dan Kepulauan Seribu mengalami intensitas penyinaran tinggi, tidak ada hujan sehingga suhu tetap tinggi.

Proses terjadinya pemutihan dilihat dari beberapa tahapan. Kondisi pertama karang mengalami stres akibat perubahan kondisi lingkungan, dari faktor suhu akan menyebabkan *zooxanthellae* mulai hilang dari jaringan karang. Karang mulai kehilangan pigmen warnanya dari *zooxanthellae* sehingga menjadi pucat, pada penelitian kali ini juga banyak ditemukan karang yang warnanya pucat. Kondisi selanjutnya karang menjadi putih karena *zooxanthellae* telah hilang dari jaringan karang. Selanjutnya karang yang telah kehilangan *zooxanthellae* dalam jangka waktu panjang akan mengalami kematian karena kehilangan produsen makanan untuk karang tersebut. Selanjutnya karang yang mati akan mulai terinvasi oleh makro alga. Pada penelitian kali ini karang yang ditemukan memutih belum sampai terinvasi oleh makro alga. Kondisi karang yang ditemukan sehat juga ada beberapa faktor yang mempengaruhi; pertama kondisi tempat tumbuh yang lebih terlindung, koloni cukup besar sehingga lebih kuat dibanding koloni yang lebih kecil.

Pemulihan terumbu yang mengalami pemulihan didukung oleh beberapa faktor; kembalinya keadaan seperti semula yakni suhu normal, antropogenik berkurang, sedimentasi berkurang. Karang yang kembali pulih persentasenya tidak mencapai 100% seperti semula, kemampuan bereproduksi akan menurun dibandingkan karang yang sehat (Sammarco 2006).

Prevalensi Karang *Acropora* dan *Seriatopora* Terhadap Pemutihan

Table 2 Prevalensi pemutihan *Acropora* dan *Seriatopora*

Lokasi/ Kondisi	<i>Acropora</i>			<i>Seriatopora</i>		
	Bleaching	Pucat	Sehat	Bleaching	Pucat	Sehat
Apl Panggang	31.71	43.90	24.39	26.67	48.89	24.44
Apl Harapan	44.74	31.58	23.68	36.00	30.00	34.00
Apl Pari	35.56	33.33	31.11	31.82	22.73	45.45
Apl Tidung	44.00	28.00	28.00	35.56	22.22	42.22
Rata-rata	39.00	34.20	26.80	32.51	30.96	36.53

Hasil pengamatan pada setiap titik pengambilan data persentase karang bercabang yang mengalami pemutihan rata-rata 39% untuk *Acropora* dan 32.51% untuk *Seriatopora*. Data menunjukkan bahwa *Seriatopora* memiliki daya tahan yang lebih kuat dibandingkan *Acropora* dilihat dari nilai yang mengalami pemutihan *Seriatopora* lebih rendah dibandingkan *Acropora* dan nilai yang sehat *Seriatopora* lebih tinggi dibandingkan *Acropora*. Kondisi APL Tidung dan APL Pari memiliki kondisi karang *Seriatopora* dan *Acropora* sehat lebih tinggi dibandingkan APL Harapan dan APL Panggang.

Hal tersebut masih bisa meningkat nilainya jika karang yang pucat turut menjadi putih (ditemukan rata-rata 30% yang pucat) karena prediksi *El Nino* akan terus berlangsung hingga pertengahan tahun 2016 (BMKG 2015). Nilai *Acropora*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang ditemukan mengalami pemutihan lebih tinggi dibandingkan dengan *Seriatopora*. Hal ini menunjukkan bahwa *Acropora* lebih rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan terutama suhu. Dibandingkan *Acropora*, *Seriatopora* juga lebih mampu bertahan pada perubahan kondisi lingkungan dengan persentase yang sehat lebih tinggi dibandingkan *Acropora* yang sehat yakni 36.53% (Tabel 2).

Untuk kondisi *Acropora* yang mengalami pemutihan paling tinggi terdapat di APL Harapan dengan nilai 44.74% dan *Seriatopora* yang mengalami pemutihan paling tinggi berada di APL Harapan dengan nilai 36%. Karang yang masih termasuk kondisi sehat paling banyak di APL Tidung untuk *Acropora* yakni 28% dan APL Pari untuk *Seriatopora* 45.45%. Kondisi karang yang sehat lebih dominan berada di APL Tidung dan APL Pari, hal ini disebabkan karena masih adanya ekosistem asosiasi yaitu lamun dan mangrove.

Camp *et al.* (2016) menjelaskan bahwa adanya ekosistem asosiasi yakni lamun dan mangrove berfungsi sebagai buffer kimia saat terjadi perubahan iklim dan mampu memberikan proses aklimatisasi atau penyesuaian suhu tinggi kepada terumbu karang saat terjadi perubahan iklim khususnya peningkatan suhu sehingga daerah yang memiliki ekosistem asosiasi lebih mampu bertahan terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti pada APL Tidung dan APL Panggang.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kondisi terumbu karang yang terdapat di APL Kepulauan Seribu tergolong sedang. Persentase alga yang ditemukan juga cukup banyak. Rata-rata suhu permukaan laut selama 6 tahun terakhir adalah 29.7 °C. Kepulauan Seribu mengalami kenaikan suhu air laut akibat pengaruh *El Nino* tahun 2015. Perairan Kepulauan Seribu lebih dipengaruhi oleh pergantian musim, dan pada periode *El Nino* perubahan suhu rata-rata 1.5 °C menyebabkan pemutihan pada karang jenis *Acropora* dan *Seriatopora*. Karang bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) di Kepulauan Seribu mengalami pemutihan yang disebabkan oleh peningkatan suhu permukaan air laut. Sebagian besar yang mengalami *bleaching* belum menunjukkan kematian. Kondisi yang mengalami pemutihan paling tinggi berada di APL Harapan untuk *Acropora* dan *Seriatopora*.

Saran

Perlu melakukan kajian lagi untuk melihat perubahan dari pemutihan karang tersebut secara berkala apakah menjadi kematian atau *recovery* ke keadaan semula.

DAFTAR PUSTAKA

- Ampou E, Johan O. 2017. Coral mortality induced by the 2015–2016 El-Niño in Indonesia: the effect of rapid sea level fall. *Biogeosciences*, 14, 817–826, 2017
- Baird AH, Marshall PA. 2002. Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following *bleaching* in the Great Barrier Reef. *Mar Ecol Prog Ser* 237:133–141.
- Baker AC. 2001. Reef Corals Bleach to Survive Change. *Nature* 411:765–766.
- Baker A, Romanski AM. 2007. Multiple symbiotic partnerships are common in scleractinian corals, but not in octocorals. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 335: 237–242.
- Baker AC, Glynn PW, Riegl B. 2008. Climate change and coral reef *bleaching*: an ecological assesment of long-term impacts, ecovery trends and fure Outlook. *Estuari, Coastal and Shelf Science* 80 (2008) 435-471.
- Beeden R, Willis BL, Raymundo LJ, Page CA & Weil E. 2008. Underwater cards for assessing coral health on IndoPacific reefs. Global Environment Facility Coral Reef Targeted Research Program, St. Lucia.
- Brown BE. & Suharsono. 1990. Demage and recovery of coral reefs affected by El-Nino related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia. *Coral reefs* 8: 163-170.
- Brown BE. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16:S129-S138.
- Camp EF, Suggett DJ, Gendron G, Jompa J, Manfrino C and Smith DJ. 2016. Mangrove and seagrass beds provide different biogeochemical services for corals threatened by climate change. *Front. Mar.Sci.* 3:52. doi:10.3389/fmars.2016.00052
- Cornoth MA, Laskeer HR, Oliver JK. 1990. Coral mortality outside The Eastern Pacific during 1982-1983; Relationships with El Nino. In Glynn, P.W. Global Ecological Consequences of The 1982-1983 El Nino Southern Oscillation. *Elsevier*. Amsterdam.
- Coral Reef Watch. 2016. Monthly, Annual, and Current Year Year-to-date Composites of Twice-Weekly 50 km Satellite *Bleaching* Monitoring Products. http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/current_composites/index.html, diakses pada tanggal 12 Maretl 2016.
- Douglas AE. 2003. “Coral Bleaching – How and Why?” *Marine Pollution Bulletin* 46: 385 – 392.
- D’Arrigo R, Wilson R. 2008. El Nino and Indian Ocean influences on Indonesia drought: implications for forecasting raifall and crop productivity. *Int J Climatol* 28: 611-616.
- Emery WJ, Thomson RE. 1998. *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Pergamon Press.
- English S, Wilkinson C, Wilkinson, Baker V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources (second edition). Australia Institute for Marine Science, Townsville.
- Fawcett AL, Pitcher GC, Shillington FA. 2008. Nearshore current on the southern Namaqua shelf of the Benguela upwelling system. *Science Direct*. 28: 1026-1039

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Penguutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Gleason OF, Wellington GM. 1993. Ultraviolet radiation and coral bleaching. *Nature* 365:836-838.
- Glynn PW. 1990 Coral Mortality and Disturbances to Coral Reefs in The Tropical Eastern Pacific. In Glynn, P.W. Global Ecological Consequences of The 1982-1983 El Nino Southern Oscillation. *Elsevier* . Amsterdam.
- Hughes TP, Rodrigues MJ, Bellwood DR, Ceccarelli D, Hoegh-Guldberg O, McCook L, Moltschaniwskyj N, Pratchett MS, Steneck RS and Willis B. 2007. Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology* 17: 1–6.
- Hutabarat S dan Evans SM. 1985. *Pengantar Oseanografi*. UI Press. Jakarta. 159 hlm.
- Hill J & Wilkinson C. 2004. Method for ecological monitoring of coral reefs: a resources for managers. Australian Institute of Marine Science and Reef Check, Australia.
- Haurigan TF, Tricas TC. 1988. Coral Reef Fishes as Indicators of Environmental Stress in Coral Reefs, pp. 107-135. In : soule DF, Kleppel Gs, editor. Marine Organisms as Indicators. New York: *Springer Verlag*.
- Jokiel PL, Coles SL. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs* 8:155-162.
- Jury MR, Enfield DB, and Meñice JL, Tropical monsoons around Africa: Stability of El Niño–Southern Oscillation associations and links with continental climate, *J. Geophys. Res.*, 107(C10), 3151, doi:10.1029/2000JC000507, 2002.
- Marshall & Schuttenberg H. 2006. A Reef managers’s guide to coral *bleaching*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.
- McClanahan TR. 2000. Bleaching Damage and Recovery Potential of Maldivian Coral Reefs. *Mar Pollut Bull* 40:587–597.
- McClanahan TR. 2004. The Relationship Between Bleaching and Mortality of Common Corals. *Mar Biol* 144:1239–1245.
- Neudecker S. 1987. Environment effects of power plants on coral reefs and ways to minimize them. Di dalam: Salvant B (ed). *Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations*. Papetoai: Antenne de Tahiti Museum EPHE. him 103-118.
- Sammarco WP, Winter A, Stewart C.2006. Coefficient of variation of sea surface temperature (SST) as an indicator of coral bleaching. *Marine Biology* (2006) 149: 1337–1344.
- Saptarini D dan Muzaki FK. 2010. “Kajian Jenis dan Bentuk Pertumbuhan Karang yang Rentan Mengalami Pemutihan di Perairan Selat Madura, Jawa Timur”. Prosiding Seminar JIWECC.
- Siebeck UE, Logan D, Marshall NJ. 2008. Coral Watch – a flexible coral *bleaching* monitoring tool for you and your group. *Proceeding of the 11th International Coral Reef Symposium*, Ft. Lauderdale, Florida session number 16. Sensory Neurobiology Group, School of Biomedical Sciences, University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Smith LD and Hughes TP. 1999. An experimental assessment of survival, reattachment and fecundity of coral fragments. *J Exp Mar Biol Ecol* 235:147–164.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Timotius S, Setyawan E, & Yusri S. (eds). 2009. Terumbu Karang Jakarta: Laporan Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2005-2009). Yayasan Terangi. Jakarta.
- Torrence C, Compo GP. 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bull Am Meteorol Soc* 79: 61– 78.
- Veron JEN. 2000. *Coral of Australia and Indo-Pacific*. Angus & Robertson Publishers, Australia.
- Westmacott S, Teleki K, Wells S dan West JM. (2000) *Pengelolaan terumbu karang yang telah memutih dan rusak kritis*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Vii + 36 pp.
- Wolter K, Timlin MS. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proceedings of the 17th Climate Diagnostics 9 Workshop*, Norman, OK, NOAA/N MC/CAC, NSSL, Oklahoma Climate Survey, CIMMS and the School of Meteorology, University of Oklahoma, pp 52-57.
- Zarani NP, Maduppa HH. 2011. A Standard Criteria for Assessing the Health of Coral Reefs: Implication for Management and Conservation. *Journal of Indonesia Coral Reefs*. 1(2):137-146.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

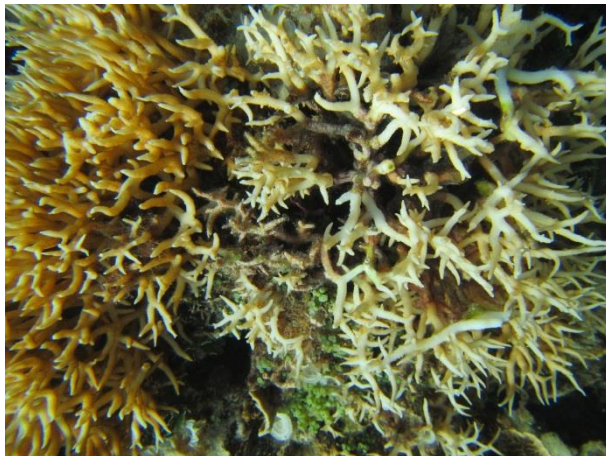
Lampiran 1 Gambar karang *Seriatopora* yang terkena *bleaching*.



Seriatopora di APL Pulau Pari tanggal 19 Desember 2015



Seriatopora di APL Pulau Panggang 14 November 2015



Seriatopora di APL Pulau Tidung tanggal 18 Desember 2015

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 2 Gambar karang *Acropora* yang terkena *bleaching*



Acropora di APL Panggang tanggal 14 November 2015



Acropora di APL Harapan tanggal 13 November 2015



Acropora di APL Tidung tanggal 18 Desember 2015

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Tabel nilai skor *Coral Watch Chart*

Tabel *Acropora*

Lokasi	Putih	Putih	Pucat	Pucat	Sehat	Sehat
Apl Panggang	8	5	13	5	3	7
Apl Harapan	15	2	4	8	4	5
Apl Pari	6	10	11	4	11	3
Apl Tidung	5	17	2	12	14	0

Tabel *Seriatopora*

Lokasi	Putih	Putih	Pucat	Pucat	Sehat	Sehat
Apl Panggang	12	0	17	5	7	4
Apl Harapan	7	11	15	0	5	12
Apl Pari	10	4	3	7	5	15
Apl Tidung	8	8	10	0	3	16

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Skrip analisis data dengan pendekatan *Continuus Wavelet Transform*

```
(CWT)
load SPL_A.txt
y=SPL_A(:,2);
y=reshape(y,length(y),1);
clear aa period yyyy yyyylab x1 x2 wave scale f x scale;
ny=length(y);
ny2=round(ny/2);
exp1=0;
exp2=round(log2(ny2))+1;
inter=20;
j=0;
k0=5.4;
for m=exp1:exp2-1;
    jj=inter-1;
    for n=0:jj;
        a=2^(m+n/inter);
        j=j+1;
        aa(j)=a;
    end;
end;
a=2^exp2;
aa(j+1)=a;
omega0=1/2*(k0./aa+sqrt(2+k0*k0)./aa);
39
period=1./omega0*2*pi;
aa=a';
period=period';
%
y=y';
y=(y-mean(y))/std(y);
k0=5.4;
%
dt=length(y);
n1=length(y);
base2=fix(log(n1)/log(2)+0.4999);
if(2^base2-n1 < 0) base2=base2+1;
end;
x=[y,zeros(1,2^base2-n1)];
y=y';
n=length(x);
%
k=[1:fix(n/2)];
k=k.*(2.*pi)/(n*dt);
k=[0., k, -k(fix((n-1)/2):-1:1)];
%
f=fft(x);
%
scale=aa;
J=length(aa);
wave=zeros(J,n);
wave=wave+i*wave;
%
nn=length(k);
for a1=1:J;
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

```

expnt=-((scale(a1).*k - k0).^2/2.*(k > 0.);
norm=sqrt(scale(a1)*k(2))*(pi^(-0.25))*sqrt(nn);
daughter=norm*exp(expnt);
daughter=daughter.*(k>0.);
wave(a1,:)=ifft(f.*daughter)/sqrt(scale(a1));
end;
wave=wave(1:J,1:n1);
idate= SPL_A(:,2);
datestr(idate);
figure(1);
orient tall;
% subplot(4,1,2);
plot(idate,y); datetick('x','mmyy');
grid on;
ylim([-4 4]);
title("");
% axis([1 length(y) -5 5]);
ylabel('Suhi', 'FontSize',12);
figure(2);
contourf(abs(wave),25);
shading flat;
% mesh(abs(wave));
view(0,-90);
for k=1:exp+1;
exponent=k-1;
brol=abs(period-2^exponent);
[x1,x2]=min(brol);
yyyy(k)=x2;
yyyylab(k)=2^exponent;
40
end;
set(gca,'yTick',yyyy,'yTickLabel',yyyylab,'FontSize',14);
set(gca,'XTick',[1 367 731 1096 1461 1826 2191
2557], 'FontSize',14, 'FontName','Arial', 'XTickLabel',{'Jan08',
'Jan09','Jan10','Jan11','Jan12','Jan13','Jan14','Jan15'})
ylabel('periode (harian)', 'FontSize',14);
xlabel('waktu', 'FontSize',14);
caxis([0,1]);
colorbar('vertical');
%%
% INTRA-SEASONAL BANDPASS
first=96;
second=127;
somme=sum(real(wave(1:length(aa),:)));
filtrage=sum(real(wave(first:second,:)));
standard=std(somme);
filtrage=filtrage/standard;
figure(4);
plot(idate,filtrage,'k');hold on;
legend('Intraseasonal');
datetick('x','mmyy');
grid on;
ylim([-1.5 1.5]);

```


RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tangerang tanggal 21 Juni 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari orangtua Bambang Tirto dan Sri Lestari. Penulis lulus dari Sekolah Menengah Pertama STRADA Santa Maria 1 Tangerang pada tahun 2008 dan Sekolah Menengah Atas Kolese De Britto Yogyakarta tahun 2011. Pada tahun 2011, penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan melalui jalur SNMPTN Tulis.

Selama kuliah penulis pernah menjadi asisten kuliah Biologi Laut tahun 2013. Penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan (HIMITEKA-IPB) tahun 2013-2014 dan Fisheries Diving Club (FDC-IPB) tahun 2012-2015.

Dalam rangka penyelesaian studi di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, penulis melaksanakan penelitian dengan judul “Dampak *El Nino* 2015 Terhadap Pemutihan Karang Bercabang (*Acropora* dan *Seriatopora*) Di Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu”



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U