

Bunga Rampai
Dinamika Karbon Biru di Kepulauan Seribu

Penulis

Terry Louise Kepel, Restu Nur Afi Ati, Yusmiana Puspitaningsih
Rahayu, Agustin Rustam, Hadiwijaya Lesman Salim, Semeidi Husrin,
Dini Purbani dan Tubagus Solihuddin

Editor

Semeidi Husrin dan Dwiyoga Nugroho

Kementerian Kelautan dan Perikanan
Badan Riset dan Sumber Daya manusia Kelautan dan Perikanan
Pusat Riset Kelautan
2018

Judul:

Bunga Rampai Dinamika Karbon Biru di Kepulauan Seribu

Penulis:

Terry Louise Kepel, Restu Nur Afi Ati, Yusmiana Puspitaningsih
Rahayu, Agustin Rustam, Hadiwijaya Lesman Salim, Semeidi Husrin,
Dini Purbani dan Tubagus Solihuddin

Editor:

Semeidi Husrin dan Dwiyoga Nugroho

Tata Letak:

Rizal Fadlan Abida, Joko Subandriyo, Armyanda Tussadiah, Dani
Saepuloh, Lydia Desmaniar dan Adi Darmawan

Desain Sampul:

Rizal Fadlan Abida, Joko Subandriyo dan Dani Saepuloh

Jumlah Halaman:

85+vii

Edisi:

Cetakan 1, Desember 2018, Pusat Riset Kelautan

Sumber Foto Sampul:

Kegiatan Survei Dampak Antropogenik dan Perubahan Iklim terhadap
Kualitas Lingkungan Teluk Jakarta,
Pusat Riset Kelautan
Tahun Anggaran 2018

Diterbitkan oleh:

Pusat Riset Kelautan
Gedung 2 BRSDM KP, Lantai 4
Komplek Bina Samudera, Jalan Pasir Putih 2
Ancol Timur, Jakarta Utara, DKI Jakarta – 14430

p-ISBN: 978-602-61699-6-9

@ 2018, hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang
Diperbolehkan mengutip sebagian atau seluruh isi buku dengan mencantumkan
sumber referensi

Kata Pengantar

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya dapat diselesaikannya Buku Bunga Rampai “Dinamika Karbon Biru di Kepulauan Seribu”. Buku ini merupakan kumpulan dari beberapa penulis yang menggambarkan tentang kondisi karbon biru di Kepulauan Seribu.

Terima kasih kepada segenap pimpinan satuan kerja Pusat Riset Kelautan, atas perhatian dan kesempatan yang diberikan untuk dapat menyusun Buku Bunga Rampai “Dinamika Karbon Biru di Kepulauan Seribu”.

Saran yang bersifat membangun terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga Buku Bunga Rampai “Dinamika Karbon Biru di Kepulauan Seribu” ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi pemangku kepentingan dan masyarakat umum.

Jakarta, Desember 2018

Redaksi

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Prolog	vi
Simpanan Karbon Ekosistem Pesisir Versus Emisi Kapal Nelayan di Kepulauan Seribu	1
Pendahuluan	1
Perhitungan Simpanan Karbon	2
Estimasi Emisi CO ₂ Kapal Nelayan.....	3
Ekosistem Pesisir Kepulauan Seribu	3
Gambaran Umum Kegiatan Perikanan Tangkap Kepulauan Seribu.....	5
Kemampuan Penyimpanan Karbon vs Emisi Kapal Nelayan.....	7
Penutup	9
Daftar Pustaka.....	10
Kandungan Total Karbon dan Nitrogen Pada Sedimen Lamun di Kepulauan Seribu	15
Pendahuluan.....	15
Kandungan Total Karbon dan Total Nitrogen Pada Sedimen Lamun Permukaan Di Kepulauan Seribu.....	19
Penutup	23
Daftar Pustaka.....	23
Dinamika Konversi Dasar Perairan di Kepulauan Seribu	25
Pendahuluan.....	25
Dinamika Konversi Dasar Perairan Di Kepulauan Seribu.....	28
Pulau Kaliage Besar	28
Pulau Tengah	30
Pulau Kelor	32
Karakteristik Gelombang	33

Kesimpulan	37
Daftar Pustaka.....	37
Perubahan Tutupan Lahan di Pulau Pramuka dan Pulau Tengah dari Citra Google Earth	39
Pendahuluan.....	39
Lokasi Penelitian.....	40
Kondisi Pulau Pramuka.....	43
Kondisi Pulau Tengah.....	45
Penutup	49
Daftar Pustaka.....	50
Status Dan Dinamika Ekosistem Lamun Kepulauan Seribu.....	53
Pendahuluan.....	53
Status Ekosistem Lamun.....	54
Kondisi Lingkungan Perairan di Ekosistem Lamun Tahun 2014....	55
Status Ekosistem Lamun Kepulauan Seribu Tahun 2014.....	56
Dinamika Ekosistem Lamun.....	62
Kesimpulan dan Saran	62
Ucapan Terimakasih	63
DaftarPustaka.....	63
Glossary	64
Geomorfologi Terumbu Karang Kepulauan Seribu	67
Pendahuluan.....	67
Geologi dan Oseanografi Regional.....	69
Geomorfologi Terumbu Karang	72
Evolusi Pertumbuhan Terumbu Karang di Kepulauan Seribu.....	75
Penutup	79
Daftar Pustaka.....	80
Epilog	83

Prolog

Dr.-Ing. Semeidi Husrin

Perubahan Iklim merupakan ancaman yang nyata pada keberlangsungan sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil. Pemanasan global, kenaikan muka air laut, pengasaman perairan dan peningkatan frekuensi dan kekuatan kejadian ekstrim (badai) merupakan faktor-faktor alam yang terkait langsung dengan ancaman perubahan iklim. Aktivitas manusia yang merusak seperti eksploitasi sumber daya laut dan pesisir yang berlebihan semakin menambah beban daya dukung lingkungan dan kapasitasnya dalam mitigasi ancaman-ancaman di atas. Ekosistem mangrove dan lamun merupakan sumber daya laut dan pesisir yang memiliki kapasitas dalam mitigasi dampak perubahan iklim terkait dengan kemampuannya dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan menyerap karbon dalam jumlah yang cukup besar. Namun keberadaan dua ekosistem ini menghadapi ancaman besar terutama dari aktifitas manusia yang cenderung merusak untuk berbagai kepentingan jangka pendek tanpa memperhitungkan dampak jangka panjang. Salah satu kawasan dengan sumber daya laut dan pesisir yang dapat diandalkan untuk mitigasi ancaman perubahan iklim adalah kawasan konservasi yang saat ini gencar digalakkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan seluas 20 Juta Ha hingga 2020.

Kepulauan Seribu yang berada di Laut Jawa, tepatnya di Utara Pantai Utara Jakarta merupakan kawasan yang telah lama dijadikan sebagai kawasan konservasi. Kawasan konservasi dengan tipe “Taman Nasional Laut” ditetapkan oleh Kementerian Kehutanan dengan SK No. 8310/Kpts-II/2012 dan secara resmi diberi nama “Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu”. Sumber daya laut dan pesisir di Kepulauan Seribu sangat beragam, mulai dari sumber daya ikan/perikanan, keindahan alam (landscape), budaya, sejarah, dan tentunya ekosistem mangrove dan lamun yang berperan besar dalam mitigasi perubahan iklim.

Ditetapkannya Kepulauan Seribu sebagai kawasan konservasi tidak serta merta mengontrol eksploitasi sumber daya alam laut dan pesisir. Bagian Selatan Kepulauan Seribu yang berbatasan langsung dengan Teluk Jakarta sudah lama mengalami degradasi kualitas lingkungan dan “overfishing” karena tingginya aktifitas perekonomian penduduk di kawasan ini. Sebagaimana didiskusikan dalam artikel yang berjudul “Perubahan Tutupan Lahan di Pulau Pramuka dan Pulau Tengah dari Citra *Google Earth*” dan “Dinamika Konversi Dasar Perairan di Kepulauan

Seribu”, terlihat bahwa perubahan tutupan lahan terjadi cukup cepat dalam dua dekade terakhir seiring dengan tingginya pertumbuhan ekonomi kawasan dan berkembangnya kawasan ini sebagai salah satu destinasi pariwisata nasional.

Berubahnya luasan sumber daya laut dan pesisir di Kepulauan Seribu seperti mangrove dan lamun berpengaruh pada kemampuannya dalam mitigasi dampak perubahan iklim terutama dalam menyerap karbon di kawasan atmosfer. Artikel “Simpanan Karbon Ekosistem Pesisir Versus Emisi Kapal Nelayan di Kepulauan Seribu” menjelaskan kemampuan daya serap karbon dari mangrove dan lamun yang berasal dari lalu lintas kapal-kapal di Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu. Sementara itu, status terkini dinamika ekosistem lamun dan kemampuannya dalam menyerap karbon didiskusikan secara detail dalam artikel “Kandungan Total Karbon dan Nitrogen pada Sedimen Lamun di Kepulauan Seribu” dan “Status dan Dinamika Ekosistem Lamun Kepulauan Seribu”. Kelima artikel di atas memberikan gambaran yang menyeluruh tentang status terkini kondisi mangrove dan lamun di Kepulauan Seribu dan kemampuannya dalam menyerap karbon.

Terakhir, artikel “Geomorfologi terumbu karang Kepulauan Seribu” memberikan gambaran umum tentang lingkungan di Kepulauan Seribu ditinjau dari sisi geomorfologi terumbu karangnya. Informasi yang terkandung dalam terumbu karang dapat memberikan informasi yang cukup rinci dalam memahami perubahan lingkungan yang terjadi di kawasan ini. Kecenderungan perubahan lingkungan yang terjadi dapat dimanfaatkan untuk memprediksi apa yang akan terjadi di masa depan, sehingga upaya-upaya mitigasi dan konservasi sumber daya laut dan pesisir di Kepulauan Seribu dapat dilakukan tepat sasaran dan berkelanjutan.

Simpanan Karbon Ekosistem Pesisir Versus Emisi Kapal Nelayan di Kepulauan Seribu

Terry Louise Kepel dan Restu Nur Afi Ati

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Peran ekosistem pesisir terutama mangrove dan lamun dalam mitigasi perubahan iklim pada saat ini sudah mulai mendapat perhatian. Hal ini disebabkan oleh makin meningkatnya informasi ilmiah tentang tingginya kemampuan mitigasi dari ekosistem pesisir dibandingkan dengan ekosistem daratan lainnya dimana sebagian besar karbon yang tersimpan berada di sedimen tempat mangrove dan lamun tumbuh (Matsui, 1998; Matsui & Yamatani, 2000; Donato *et al.*, 2011; Murdiyarso *et al.*, 2015). Secara rata-rata nasional, data estimasi kemampuan estimasi mangrove Indonesia mencapai 3,14 PgC (Murdiyarso *et al.*, 2015) dan lamun sebesar 368,5 TgC (0,3685 PgC) (Alongi *et al.*, 2015). Hal ini berarti setara dengan jumlah total emisi gas rumah kaca karbondioksida (CO₂) sebesar 12,5 PgCO₂e. Informasi hasil ekstrapolasi dari kedua tulisan di atas berasal dari beberapa tempat di Indonesia namun tidak termasuk Kepulauan Seribu.

Salah satu sektor penyumbang emisi CO₂ ke atmosfer adalah energi. Sektor energi ini terbagi atas lima sektor pengguna yaitu industri, komersial, rumah tangga, transportasi dan lainnya (Supriadi dkk., 2016). Secara nasional, sektor transportasi menempati urutan kedua setelah sektor rumah tangga pada besaran energi yang digunakan tahun 2015. Konsumsi sektor transportasi pada tahun 2015 ini mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2000 (Supriadi dkk., 2016).

Penggunaan energi dari bahan bakar minyak di sektor transportasi meliputi transportasi darat, laut dan udara. Dari penggunaan energi ini, bisa diestimasi jumlah emisi gas rumah kaca dengan menggunakan metodologi dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Sudah ada beberapa informasi perhitungan emisi dari sektor transportasi darat di Indonesia (Sodri & Garniwa, 2016; Lina dkk., 2016; Tiarani dkk., 2016). Perhitungan emisi ini juga dilakukan pada kapal-kapal besar termasuk

kapal perikanan dengan kapasitas di atas 100 GT (Arifin & Prabowo, 2013; Saputra *et al.*, 2015). Namun demikian, belum ada perhitungan emisi spesifik yang berasal dari penggunaan energi kapal perikanan kecil.

Kepulauan Seribu sebagai bagian dari Provinsi DKI Jakarta merupakan salah satu daerah yang menjadi sumber pasokan bahan pangan dari laut selain Kota Jakarta Utara. Dengan demikian, kegiatan penggunaan energi di wilayah Kepulauan Seribu ini selain berasal dari sektor domestik rumah tangga juga dari kegiatan perikanan tangkap yang menggunakan bahan bakar fosil.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk: 1) menghitung jumlah simpanan karbon di ekosistem pesisir (mangrove dan lamun); 2) menghitung emisi CO₂ dari kapal nelayan; dan 3) membandingkan penyerapan dan penyimpanan karbon (mitigasi karbon pesisir) dengan hasil emisi kapal nelayan di Kepulauan Seribu.

Perhitungan Simpanan Karbon

Data yang digunakan pada tulisan ini dibagi pada dua bagian yaitu data simpanan karbon pada ekosistem pesisir dan data emisi CO₂ yang berasal dari kapal nelayan di Kepulauan Seribu. Jumlah simpanan karbon di ekosistem pesisir (mangrove dan lamun) di Kepulauan Seribu didasarkan pada data primer kegiatan karbon biru tahun 2014 yang bersumber pada laporan akhir kegiatan (P3SDLP, 2014). Pengambilan data mangrove dilakukan di tiga pulau yaitu Pulau Pari, Pulau Kongsi dan Pulau Burung. Sedangkan data lamun diambil di 15 pulau.

Perhitungan simpanan karbon dilakukan pada setidaknya tiga kolam simpanan karbon (*carbon pools*), yaitu biomas vegetasi bagian atas (*aboveground biomass*), biomas vegetasi bagian bawah (*belowground biomass*) dan sedimen. Langkah awal perhitungan simpanan karbon dimulai dengan mengestimasi nilai biomas dari vegetasi ekosistem pesisir (mangrove dan lamun). Nilai biomas yang didapat dikalikan dengan nilai konsentrasi karbon organik.

Nilai simpanan karbon di sedimen tergantung pada berat sedimen per satuan volume, interval sampel serta konsentrasi karbon (Kauffman & Donato, 2012). Konsentrasi karbon didapatkan dari hasil analisis di laboratorium. Apabila nilai analisa laboratorium tidak ada maka digunakan nilai 0,5 untuk mangrove (Kauffman & Donato, 2011) dan 0,33 untuk lamun (Duarte, 1990). Nilai simpanan karbon baik di vegetasi maupun di

sedimen kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai total simpanan ekosistem. Nilai ini selanjutnya dikonversi menjadi nilai CO_{2e}.

Estimasi Emisi CO₂ Kapal Nelayan

Data emisi CO₂ merupakan data hasil estimasi menggunakan metode IPCC yang juga dipublikasikan di dalam Metodologi penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca kegiatan pengadaan dan penggunaan energi (KLH, 2012). Nilai-nilai yang digunakan dalam estimasi tersebut berasal dari berbagai sumber yang merupakan hasil penelitian ataupun standar baku yang sudah dipublikasi.

Perhitungan emisi dari kapal nelayan menggunakan tingkat ketelitian perhitungan tier-1 IPCC sektor energi pada kategori sumber emisi bergerak dari kegiatan pembakaran bahan bakar. Perhitungan emisi tier-1 dari sumber bergerak ini juga biasa digunakan untuk perhitungan transportasi darat seperti yang dilakukan oleh Sodri dan Garniwa (2016) di Jakarta. Lina dkk. (2016) menggunakan perhitungan tier-2 untuk transportasi di Semarang. Sedangkan Tiarani dkk. (2016) menggunakan perhitungan tier-1 dan tier-2 sekaligus untuk emisi transportasi darat Kota Yogyakarta.

Pada tulisan ini, fokus sumber pembakaran bahan bakar adalah kapal. Berdasarkan data BPS (2016b), 99% jumlah kapal motor nelayan yang terdapat di Kepulauan Seribu berkapasitas maksimal 10 GT. Dengan demikian, perhitungan emisi CO₂ difokuskan pada kapal-kapal tersebut. Emisi CO₂ dari kegiatan kapal nelayan dihitung sebagai perkalian antara jumlah konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi.

Faktor emisi tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Faktor emisi bensin adalah 69.300 ton/GJ dan solar sebesar 62.000 ton/GJ (Sodri & Garniwa, 2016). Sebagian besar kapal nelayan menggunakan solar sebagai bahan bakar utama. Dengan demikian, basis perhitungan pada bahan bakar solar. Konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah nilai konsumsi BBM berbahan bakar solar untuk kapal ≤ 10 GT hasil penelitian Suryawati dkk. (2013) yaitu sebesar 3000 liter/tahun/kapal dan diasumsikan tidak berubah. Input jumlah kapal dari BPS (2016b).

Ekosistem Pesisir Kepulauan Seribu

Kepulauan Seribu secara administratif merupakan bagian dari Provinsi DKI Jakarta terletak pada posisi 5°10'00" sampai 5°57'00"

Lintang Selatan dan 106°19'30" sampai 106°44'50" Bujur Timur. Berdasarkan SK Gubernur DKI Nomor 171 Tahun 2007, luas wilayah daratan Kepulauan Seribu sebesar 8,7 km² (870 ha) dan memiliki 110 buah pulau (BPS 2016b).

Kepulauan Seribu, selain menjadi daerah permukiman dan berbagai kegiatan ekonomi terkait dengan perikanan dan wisata juga menjadi wilayah perlindungan untuk biota dan habitatnya. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 527/Kpts/Um/7/1982 tanggal 21 Juli 1982, kawasan kepulauan Seribu ditetapkan sebagai wilayah cagar alam dengan luas 108.000 ha. Dalam perkembangannya, wilayah ini kemudian ditetapkan sebagai kawasan pelestarian alam perairan Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKS) seluas 107.489 ha berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 6310/Kpts-II/2002 tanggal 13 Juni 2002. Manajemen pemanfaatan wilayah ini ditetapkan berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam Departemen Kehutanan Nomor SK.05/IV-KK/2004 tanggal 27 Januari 2004 tentang Zonasi Pengelolaan Taman Nasional Kepulauan Seribu. Kawasan TNKS terbagi atas 4 wilayah yaitu zona inti, zona perlindungan yang merupakan wilayah penyanggah zona inti, zona pariwisata dan zona permukiman.

Selain terumbu karang yang merupakan ekosistem utama, Kepulauan Seribu juga memiliki ekosistem mangrove dan lamun yang tersebar di daerah pasang surut pulau sampai ke rata-rata terumbu. Sebagai daerah kepulauan yang sebagian besar substratnya terbentuk dari batuan koral (kalsium), luasan mangrove di daerah kepulauan ini lebih rendah dibandingkan dengan luasan padang lamun dan terumbu karang. Mangrove biasanya tumbuh secara berkelompok di daerah pasang surut pulau-pulau kecil.

Total luasan mangrove adalah sebesar 329,324 ha (Saputro dkk., 2009). Luasan ini sebesar 66% dari total kawasan mangrove di DKI Jakarta (500,675 ha). Lebih dari 60% pulau ditumbuhi oleh mangrove dari total 110 pulau yang ada di Kepulauan Seribu (Batubara dkk., 2014). Luasan yang ada ini akan terus mengalami perubahan karena adanya berbagai kegiatan penanaman mangrove baik yang dilakukan oleh pemerintah, swasta atau kelompok masyarakat lainnya.

Kegiatan penanaman mangrove di Kepulauan Seribu sudah dilakukan sejak lama. Selang tahun 2007-2013, penanaman mangrove dilakukan pada wilayah sebesar 1697,1 ha dengan jumlah bibit yang ditanam sejumlah 8.348.030 buah (BPS, 2016b). Penanaman atau

rehabilitasi mangrove ini selain dapat mengoptimalkan kembali fungsi ekologis dan fisik mangrove juga dapat menambah luasan ekosistem ini.

Tingkat keberhasilan penanaman mangrove dilaporkan sangat bervariasi. Sintasan atau keberlangsungan hidup mangrove hasil rehabilitasi di Pulau Pramuka bervariasi antara 3-67% dengan pertumbuhan sebesar 32,5 cm per tahun (Haryanto, 2012). Di Untung Jawa, sintasan mangrove mencapai 72% dengan penambahan tinggi bibit mangrove sebesar 14,71 cm per tahun (Winata & Yuliana, 2016).

Belum ada data pasti tentang luasan lamun di Kepulauan Seribu. Data luasan lamun tahun 2011 menurut Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah (2017) mencapai 16.036,78 ha. Angka ini terlihat besar apabila dibandingkan dengan data terbaru yang menyatakan bahwa luas lamun di wilayah barat Indonesia adalah seluas 4.409,48 ha (Hernawan dkk., 2017). Estimasi total luasan lamun di Indonesia oleh Hernawan dkk. (2017) adalah sebesar 150.693,16 ha (1.506,93 km²) sedangkan data tahun 2003 oleh Green & Short (2003) sebesar 3.000.000 ha (30.000 km²).

Ekosistem lamun ini sangat mungkin mengalami perubahan karena gangguan antropogenik apalagi pada wilayah perairan pulau yang merupakan daerah permukiman dan wisata. Perubahan yang dapat terjadi adalah penurunan luasan karena matinya komunitas lamun dan berubahnya struktur komunitas dan kepadatan lamun. Beberapa hal yang dapat menyebabkan perubahan ini adalah tumpahan minyak, sampah plastik dan limbah rumah tangga ataupun reklamasi pulau karena pembangunan sarana wisata.

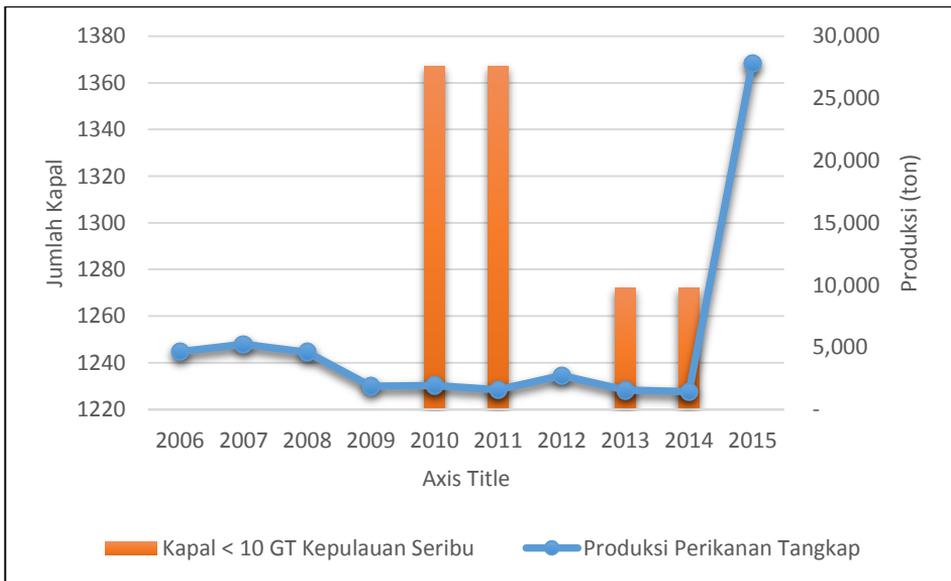
Jenis lamun yang tumbuh dapat membentuk koloni campuran dari berbagai jenis ataupun hanya satu jenis. Paling tidak terdapat 8 jenis lamun pernah dilaporkan di Kepulauan Seribu yaitu *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serulata*, *Halophila ovalis*, *Halodule pinnifolia*, *Halodule universis*, *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides* dan *Syringodium isoetifolium* (Assuyuti dkk., 2016; Fajarwati dkk., 2015; Oktavianti dkk., 2014; Purnamasari, 2014; Rustam, 2014; Hernawan dkk., 2017).

Gambaran Umum Kegiatan Perikanan Tangkap Kepulauan Seribu

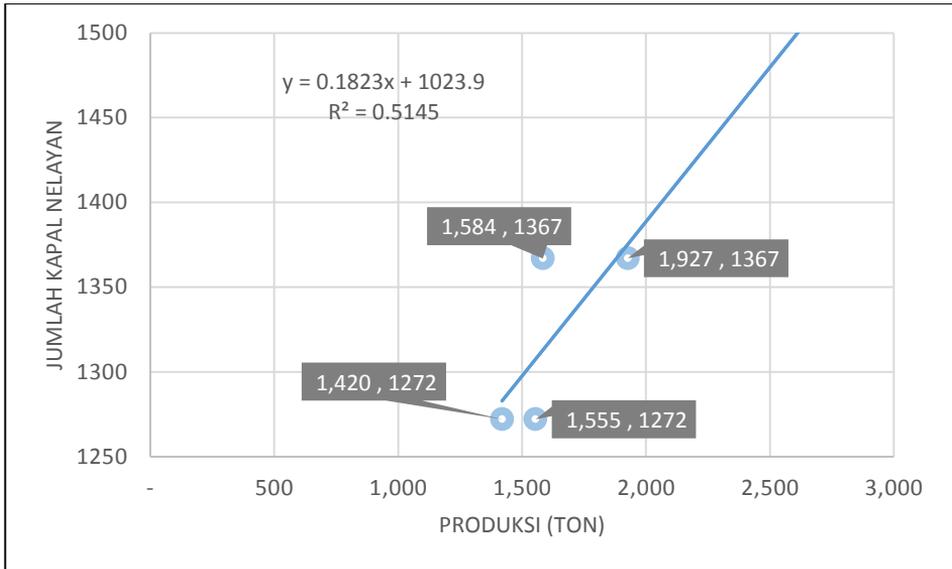
Sektor perikanan tangkap merupakan salah satu sektor yang turut menyumbang pendapatan daerah. Di DKI Jakarta, hanya dua wilayah yang menyumbang produksi perikanan tangkap yaitu kota administratif Jakarta Utara dan Kabupaten Kepulauan Seribu. Dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir (2006-2015), Jakarta Utara masih menjadi penyumbang

utama produksi perikanan tangkap. Kepulauan Seribu menyumbang rata-rata 2% dari produksi perikanan tangkap di DKI Jakarta.

Rata-rata produksi perikanan tangkap di Kepulauan Seribu sebesar 5.339 ± 2.541 (SE) ton (Data BPS tahun 2006 - 2015). Penurunan produksi terbesar terjadi pada tahun 2009 sebesar 59% sedangkan kenaikan terbesar terjadi pada tahun 2015 yaitu sebesar 1.860% dari 1.420 ton di tahun 2014 menjadi 27.828 ton (Gambar 1). Kenaikan produksi yang tajam pada tahun 2015 sangat mencolok apalagi pada dua tahun sebelumnya (2013-2014) penangkapan mengalami tren penurunan. Produksi perikanan di wilayah Jakarta Utara pada tahun 2015 juga mengalami kenaikan walaupun tidak signifikan seperti Kepulauan Seribu. Banyak faktor yang dapat menyebabkan adanya kenaikan produksi yang signifikan pada tahun 2015. Salah satu kemungkinan berkaitan dengan adanya kenaikan pada *unit effort* penangkapan seperti jumlah kapal dan jam tangkap. Apabila jumlah kapal tahun 2010-2014 diproyeksikan pada nilai produksi maka terlihat koefisien determinasi mencapai 0,5 (Gambar 2).



Gambar 1. Perbandingan produksi perikanan tangkap dengan jumlah kapal kapasitas <10 GT di Kepulauan Seribu.



Gambar 2. Hubungan jumlah kapal nelayan dengan nilai produksi.

Pada data BPS tahun 2013-2014, jumlah kapal nelayan tetap yaitu sebesar 1.113 kapal ukuran 0-5 GT, 159 kapal ukuran 5-10 GT dan 1 kapal ukuran 10-20 GT. Total kapal pada tahun 2013-2014 ini ternyata mengalami penurunan jumlah sebesar 7% dibandingkan jumlah kapal pada tahun 2010 dan 2011. Sesuai dengan data pemerintah Kabupaten Kepulauan Seribu bahwa pada tahun 2010 dan 2011 terdapat 1.367 buah kapal motor (Pardede, 2012). Pada kategori kapal di bawah 10 GT, jumlah kapal motor di Kepulauan Seribu tahun 2013 hanya sekitar 32% apabila dibandingkan dengan total kapal motor DKI Jakarta (3.935 kapal).

Jumlah nelayan di Kepulauan Seribu pada tahun 2013 sebesar 3.735 orang dengan komposisi 532 orang nelayan pemilik dan 3.203 nelayan pekerja. Jumlah dan komposisi nelayan ini tidak berubah pada tahun 2014.

Kemampuan Penyimpanan Karbon vs Emisi Kapal Nelayan

Hasil analisa penyimpanan karbon di ekosistem pesisir kepulauan Seribu adalah sebesar 592,17 MgC/ha di ekosistem mangrove dan 362,26 MgC/ha di padang lamun (P3SDLP, 2014). Total penyimpanan di kedua ekosistem ini adalah 954,43 MgC/ha. Nilai simpanan ini setara dengan 3.499,58 MgCO_{2e}/ha. Apabila nilai ini dikonversikan dengan total luasan masing-masing ekosistem maka ekosistem pesisir Kepulauan Seribu telah menyerap CO₂ sebesar 22.016.499 MgCO_{2e}.

Hasil perhitungan emisi per tahun yang dihasilkan oleh kapal nelayan ukuran maksimal 10 GT ditampilkan pada tabel 1. Tidak adanya penambahan kapal pada tahun 2010 - 2011 dan tahun 2013-2014 menyebabkan nilai emisi total tahunan CO₂ tidak berubah. Total emisi kapal nelayan pada empat tahun tersebut adalah sebesar 37.992 MgCO_{2e}. Apabila jumlah kapal nelayan pada tahun 2012 diasumsikan sama dengan tahun sebelumnya maka nilai total emisi menjadi 47.832 MgCO_{2e}.

Menurut Wiyono (2013), nelayan ikan dengan alat tangkap bubu Muara Baru sering mendatangi perairan Kepulauan Seribu antara lain Pulau Lancang dan Pulau Laki. Dengan demikian, estimasi emisi memperhitungkan jumlah kapal Jakarta Utara. Jumlah kapal yang beroperasi di Jakarta Utara bervariasi pada kurun waktu 2010-2013 (Tabel 1). Sedangkan jumlah kapal pada tahun 2014 dianggap tetap dan sama dengan tahun 2013. Secara total, jumlah emisi kapal pada kurun waktu 2010-2014 adalah sebesar 174.664 MgCO_{2e}. Nilai ini terdiri dari 47.832 MgCO_{2e} kapal Kepulauan Seribu dan 126.832 MgCO_{2e} kapal dari Jakarta Utara.

Tabel 1. Perhitungan Emisi CO_{2e} (Mg/tahun) Kapal Nelayan ≤ 10GT

	2010	2011	2012	2013	2014
<i>Kepulauan Seribu</i>					
Jumlah Kapal	1.367	1.367	1367	1.272	1.272
Emisi CO_{2e} (Mg/tahun)	9.840	9.840	9.840	9.156	9.156
<i>Jakarta Utara</i>					
Jumlah Kapal	3.623	3.291	2.836	3.935	3.935
Emisi CO_{2e} (Mg/tahun)	26.079	23.689	20.414	28.325	28.325
Total Emisi (Mg/tahun)	35.919	33.529	30.254	37.481	37.481

Nilai emisi kapal nelayan ini masih lebih kecil dibandingkan dengan emisi dari transportasi darat. Nilai emisi transportasi darat di Yogyakarta sebesar 283,481 Mg/tahun (Tiarani dkk., 2016) atau di Jakarta yang mencapai jutaan ton per tahun (Sodri & Garniwa, 2016). Hal yang sama juga apabila dibandingkan dengan emisi kapal perikanan berbahan bakar

solar di pesisir kota Denpasar sebesar 255.406 Mg/Tahun (Desak dkk 2015).

Kondisi rendahnya emisi kapal nelayan di Kepulauan Seribu dan Jakarta Utara setidaknya dapat dijelaskan dengan dua hal. Pertama adalah estimasi emisi dilakukan dengan menggunakan perhitungan tier-1. Berdasarkan data Tiarani dkk (2016), perhitungan nilai emisi CO₂ dengan menggunakan tier-1 relatif lebih rendah dibandingkan dengan tier-2. Kedua, perhitungan yang dilakukan adalah berdasarkan bahan bakar solar. Menurut Risky dkk (2015), bahan bakar solar memiliki emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bensin. Rendahnya nilai emisi solar dibandingkan bensin mungkin juga disebabkan oleh faktor emisi yang digunakan pada saat ini. Faktor emisi solar lebih rendah daripada bensin.

Nilai total serapan karbon di ekosistem pesisir apabila dibandingkan dengan total nilai emisi kapal nelayan selama empat tahun terlihat bahwa nilai emisi masih di bawah 1% dari total serapan.

Penutup

Ekosistem pesisir (khususnya mangrove dan lamun) mampu berperan dalam mitigasi perubahan iklim yaitu sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Ekosistem pesisir di Kepulauan Seribu memainkan peran mitigasi ini dengan menyimpan karbon sebesar 3.499,58 MgCO_{2e}/ha atau setara dengan penyerapan CO₂ sebesar 22.016.499 MgCO_{2e}.

Jumlah kapal nelayan dengan ukuran maksimum 10 GT di Kepulauan Seribu dalam beberapa tahun terakhir tidak mengalami kenaikan. Emisi gas rumah kaca CO₂ dari hasil pembakaran bahan bakar oleh kapal nelayan juga tidak mengalami kenaikan. Hal ini sangat berbeda dengan emisi dari transportasi darat yang cenderung naik dari tahun ke tahun.

Angka emisi yang disajikan pada tulisan ini kemungkinan merupakan nilai estimasi rendah. Namun demikian, perhitungan tier-1 dapat memberikan gambaran awal apalagi jumlah informasi yang dibutuhkan untuk perhitungan lebih sedikit dibandingkan dengan tier-2.

Kapasitas mitigasi ekosistem pesisir kepulauan Seribu ternyata lebih besar dari emisi yang dikeluarkan oleh kapal-kapal nelayan yang beroperasi di sana. Untuk mempertahankan fungsi-fungsi alami ekosistem ini maka tetap perlu adanya kesadaran dan peran serta semua lapisan masyarakat dalam mengelola dan memanfaatkan ekosistem pesisir ini.

Daftar Pustaka

- Alongi, D.M., D. Murdiyarso., J. W. Fourqurean., J. B. Kauffman., A. Hutahaean., S. Crooks., C. E. Lovelock., J. Howard., D. Herr., M. Fortes., E. Pidgeon. and T. Wagey. (2015). *Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon*. Wetlands Ecology and Management, Vol. 23 Issue 3. DOI 10.1007/s11273-015-9446-y.
- Arifin, M.D. dan E. Prabowo. (2013). *Sebaran emisi gas buang kapal di Selat Madura akibat aktifitas pelayaran*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Semester Ganjil 2012/2013. Tahun I, No. 1. Lembaga Penelitian, Pemberdayaan Masyarakat dan Kemitraan, Universitas Darma Persada.
- Assuyuti, Y.M., A.F. Rijaluddin. Dan R.B. Zikrillah. (2016). *Estimasi jumlah biomassa lamun di Pulau Pramuka, Karya dan Kotok Besar Kepulauan Seribu, Jakarta*. Depik, 5(2): 85-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.13170/depik.5.2.4914>.
- Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah. 2017. *Jakartapedia. Ensiklopedia Warga Jakarta*. http://jakartapedia.bpadjakarta.net/index.php/Ekosistem_Padang_Lamun_Jakarta. Diunduh pada bulan Juli 2017.
- Badan Pusat Statistik. (2011). *Jakarta Dalam Angka Tahun 2011 (Jakarta in Figures 2011)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Jakarta Dalam Angka Tahun 2012 (Jakarta in Figures 2012)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. (2013). *Jakarta Dalam Angka Tahun 2013 (Jakarta in Figures 2013)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Jakarta Dalam Angka Tahun 2014 (Jakarta in Figures 2014)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Jakarta Dalam Angka Tahun 2015 (Jakarta in Figures 2015)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. 2016a. *Jakarta Dalam Angka Tahun 2016 (Jakarta in Figures 2016)*. ISSN : 0215.2150. Katalog BPS : 1102001.31.
- Badan Pusat Statistik. 2016b. *Kabupaten Kepulauan Seribu Dalam Angka*. Katalog BPS : 1102001.3101
- Batubara, R.M.S., M. Yusuf, M. Sidqi, P.K. Roeroe, A. Solihin. 2014. *Kepulauan Seribu dan Teluk Jakarta DKI Jakarta*. Ensiklopedia Populer Pulau-Pulau Kecil Nusantara. Direktorat Jendral Kelautan, Peisisr dan Pulau-Pulau Kecil. Kementerian Kelautan dan Perikanan.

- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics*. *Nature Geoscience*, 4, 293– 297.
- Duarte, C.M. 1990. *Seagrass nutrient content*. *Marine Ecology Progress Series*, Vol.67: 201-207.
- Fajarwati, S.D., A.I. Setianingsih, Muzani. 2015. *Analisis kondisi lamun (Seagrass) di perairan Pulau Pramuka Kepulauan Seribu*. *SPATIAL Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi*, Vol. 13, No.1. Hal : 22-32.
- Green E.P. and F.T. Short FT. 2003. *World atlas of seagrasses*. University of California Press, Berkeley.
- Haryanto, A. 2012. *Efektifitas rehabilitasi mangrove di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu*. Tesis. Sekolah Pasacasarjana, Institut Pertanian Bogor. 77 hal.
- Hernawan, U.E., N.D.M. Sjafrie., I. H. Supriyadi, Suyarso, M.Y. Iswari, K. Anggraini dan Rahmat. *Status padang lamun Indonesia 2017*. Pusat Penelitian Oseanografi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Kauffman, J.B. and D.Donato. 2012. *Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Working Paper 86. Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2014. *Statistik Perikanan Tangkap Indonesia Menurut Provinsi 2013*. Direktorat Jendral Perikanan Tangkap. Vol.14, No. 1. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Buku II – Vol. 1. Metodologi Penghintungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca. Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta. 143 hal.
- Lina, R.A., E. Sutrisno dan H.S. Huboyo. 2016. *Kajian emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄ dan N₂O) akibat aktivitas kendaraan (Studi kasus area Sukun dan Terminal Terboyo)*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 5, No.4 : 1-13 hal.

- Matsui, N. (1998) *Estimated stocks of carbon in mangrove roots and sediments in Hinchinbrook Channel, Australia*. *Mangroves and Salt Marshes*, 2, 199–204.
- Matsui, M. & Yamatani, Y. 2000. *Estimated total stocks of sediment carbon in relation to stratigraphy underlying the mangrove forests of Sawi Bay*. *Phuket Marine Biological Center Special Publication*, 22, 15–25.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J.B., Warren, M.W., Sasmito, S.D., Donato, D.C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., Kurnianto, S., 2015. *The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation*. *Nat. Clim. Change* 5, 1089–1092.
- Oktavianti R., Suryanti., F. Purwanti. 2014. *Kelimpahan echinodermata pada ekosistem padang lamun di Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, Jakarta*. *Diponegoro Journal of Maquares*. Vol. 3, No.4. Hal : 243-249.
- Pardede, F.M. 2012. *Efektivitas terumbu buatan berbahan dasar tempurung kelapa sebagai fish aggregating device di Pulau Pramuka Kepulauan Seribu*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Purnamasari, D. 2014. *Analisis ekosistem padang lamun di perairan Pulau Rambut Kepulauan Seribu*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Laut dan Pesisir (P3SDLP). 2014. *Kajian karbon stock di Kepulauan Derawan dan Kepulauan Seribu untuk Mitigasi perubahan Iklim*. Laporan Akhir Kegiatan. 141 hal.
- Rustam, A. 2014. *Kontribusi lamun dalam regulasi karbon dan stabilisasi ekosistem*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Saputro, G.B., S. Sukardjo., S. Hartini., Niendyawati., Al. Susanto., Al. Sumarso., I.N. Edrus., P. Maesarah., D. Suhendra dan C. Syah. 2009. *Peta Mangroves Indonesia*. Pusat Survey Sumber Daya Alam Laut. Badan Koordinasi Survey dan pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL). ISBN: 978-979-1266-39-0: 329 hal.
- Sodri, A and I. Garniwa. 2016. *The effect of ubanization on road energy consumption and CO2 emissions in emerging megacity of Jakarta, Indonesia*. *Procedia – Social and Behavioral Science* 227 : 728-737.

- Supriadi, A., K. Oktaviani., A.W. Kencono., B. E. Prasetyo., T.N. Kurniasih., F.K. Sunaryo., C. B. Kurniadi., Y. Alwendra., R. Aprilia., I. Setiadi., Q. Rabbani dan D. Anggreani. 2016. *Data inventory emisi GRK sektor energi*. Pusat Data dan Teknologi Informasi, kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 82 hal.
- Syuhada, R. 2011. *Pemanfaatan perikanan tangkap untuk pengembangan wisata bahari di Pulau Pramuka, Kabupaten Kepulauan Seribu*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Tiarani, V.L., E. Sutrisno dan H.S. Huboyo. 2016. *Kajian beban emisi pencemar udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) sektor transportasi darat kota Yogyakarta dengan metode tier-1 dan tier-2*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 5, No.1. : 1-10 hal.
- Winata, A. dan E. Yuliana. 2016. *Tingkat keberhasilan penanaman pohon mangrove (Kasus: Pesisir Pulau Untung Jawa Kepulauan Seribu)*. Jurnal Matematika, Saint, dan Teknologi. Vol. 17, No. 1: 29-39 hal.

Kandungan Total Karbon dan Nitrogen Pada Sedimen Lamun di Kepulauan Seribu

Yusmiana Puspitaningsih Rahayu dan Agustin Rustam

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Lamun didefinisikan sebagai satu-satunya tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang mampu beradaptasi secara penuh di perairan yang salinitasnya cukup tinggi atau hidup terbenam di dalam air dan memiliki rhizome, daun dan akar sejati. Beberapa ahli juga mendefinisikan lamun sebagai tumbuhan air berbunga, hidup di dalam air laut, berpembuluh, berdaun, berimpang, berakar, serta berkembang biak dengan biji dan tunas (Kawaroe, 2009).

Padang lamun merupakan sebagian kecil dari pesisir, namun berperan penting sebagai penyedia barang dan jasa yang nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan habitat lautan dan daratan lainnya (Costanza *et al.*, 1997). Sedimen merupakan salah satu media penyimpan material hasil berbagai macam dampak aktivitas manusia dan berisi informasi segala bentuk material yang diakumulasinya (Rifardi *et al.*, 1998, Tomiyasu *et al.*, 2000). Sedimen sebagai wilayah pengendapan atau penampung terakhir dari berbagai proses fisik, kimia dan biologi yang berlangsung pada ekosistem perairan laut. Kondisi sedimen secara fisik relatif stabil karena tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan-perubahan baik iklim dan musim sehingga data yang dihasilkan tidak terlalu jauh berbeda dalam rentang waktu tertentu (Millero & Sohn, 1992).

Sejumlah karbon yang terakumulasi di padang lamun diperoleh dari kelebihan karbon pada proses fiksasi saat fotosintesis, dimana sebagian karbon tersebut akan secara langsung tersimpan dalam sedimen sebagai akar dan rimpang (Duarte & Cebrian, 1996). Bahan organik lain juga akan terakumulasi dalam sedimen akibat filter yang efisien dari daun-daun lamun yang menyaring partikel-partikel dari kolom air dan mengendapkannya menjadi sedimen (Hendriks *et al.*, 2008). Siklus

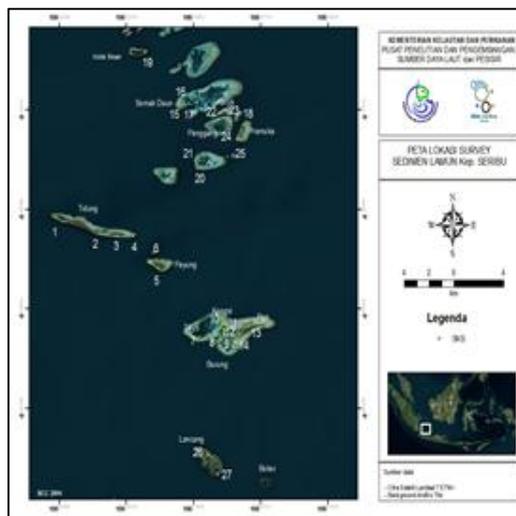
nitrogen di sedimen padang lamun digambarkan dengan adanya aktivitas mikroba yang melakukan dekomposisi bagian lamun yang mati.

Wilayah Kepulauan Seribu telah ditetapkan sebagai Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 162/Kpts-II/1995 dengan luas 108.000 hektar dan dikelola oleh Balai Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu (Pemprov DKI, 2012). Sejalan dengan meningkatnya kegiatan pembangunan dan perkembangan permukiman serta perkotaan ke arah pesisir, maka terlihat jelas adanya degradasi sumber daya alam pesisir. Ancaman lain terhadap keanekaragaman hayati di perairan pesisir Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu diduga antara lain berasal dari pembangunan infrastruktur (pelabuhan, industri, dan lain-lain) di pinggir pantai dan juga reklamasi pantai. Kegiatan reklamasi pantai sebagaimana terjadi di pesisir Jakarta, diperkirakan dapat merubah struktur ekologi pesisir bahkan dapat menurunkan keanekaragaman hayati perairan.

Kawasan Kepulauan Seribu umumnya ditumbuhi oleh lamun berjenis *Thalassia*, *Syringodium*, *Enhalus* dan *Cymodocea*, sedang *P. Panggang*, *P. Karya* dan *P. Pramuka* didominasi oleh *Thalassia*, selain berbagai algae seperti *Halimeda*, *Sargassum*, *Caulerpa*, *Padina*, *Turbinaria* dan *Euchema*. Berdasarkan penelitian tahun 2008 kumpulan padang lamun di Kepulauan Seribu terbanyak ditemukan pada bagian utara Pulau Pari yang mempunyai tekstur pasir 94,63 %, debu 1,84 % dan liat sebesar 3,54 % serta bagian selatan pulau Pari yang mempunyai tekstur pasir 96,65 %, debu 3,04 % dan liat sebesar 0,31 % (Pemprov DKI, 2012). Hasil penelitian pada tahun 2011 ditemukan bahwa komposisi substrat pada habitat lamun di bagian selatan Pulau Pari terdiri dari pasir sebesar 93,27 %, debu 3,28%, dan liat 3,46% (Rustam, 2014). Hal ini menguatkan hasil penelitian Kiswara (1997) dimana lamun jenis *Thalassia* sangat umum ditemukan di Kepulauan Seribu karena lamun jenis ini dapat hidup dan berkembang dengan baik pada substrat yang didominasi oleh pasir.

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2014 dan mengambil sampel sedimen di kawasan lamun di beberapa pulau di Kepulauan Seribu. Pulau-pulau yang telah disurvei pada kegiatan ini adalah sebanyak 15 pulau yaitu *P. Tidung Besar*; *P. Tidung Kecil*; *P. Payung*; *P. Tikus*; *P. Burung*; *P. Kongsu*; *P. Pari*; *P. Semak Daun*; *P. Pramuka*; *P. Kotok Besar*; *P. Air*; *P.*

Karya; P. Panggang; P. Lancang Besar dan P. Lancang kecil. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kepulauan Seribu

Pengambilan sedimen dilakukan pada setiap stasiun lamun. Sedimen yang terambil di stasiun lamun sekitar 15-55 cm sebanyak 27 stasiun. Pengambilan sampel sedimen lamun menggunakan alat *sediment core AMS gouge auger 2.5"/40"* (panjang kurang lebih 1 meter dan diameter 6.35 cm) yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengambilan sampel sedimen menggunakan *sediment core* (sumber: Kelti Blue Carbon P3SDLP, 2015)

Teknik pengambilan sampel sedimen pada ekosistem lamun yaitu dengan cara memasukkan *sediment core*, kemudian diangkat dan putar

secara perlahan agar sedimen di dalam *core* tidak terjatuh. Pisahkan sedimen dari 0 m hingga kedalaman tertentu dengan interval 5 cm, kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel dan diberi label. Sampel tersebut lalu dibekukan untuk diproses lebih lanjut di laboratorium.

Sampel sedimen yang telah di bawa ke laboratorium diletakkan dalam cawan untuk dikeringkan menggunakan suhu ruangan yang stabil. Selanjutnya, sampel dipindahkan dalam wadah alumunium dan ditimbang berat awal sebagai berat basah sebelum dilakukan proses pengeringan. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu sebesar 60°C hingga mendapatkan berat kering yang stabil. Setelah mendapatkan berat kering kemudian sampel digerus hingga berubah menjadi bubuk. Analisis *bulk density* didapat dengan perhitungan pada rumus sebagai berikut (Kauffman & Donato 2012):

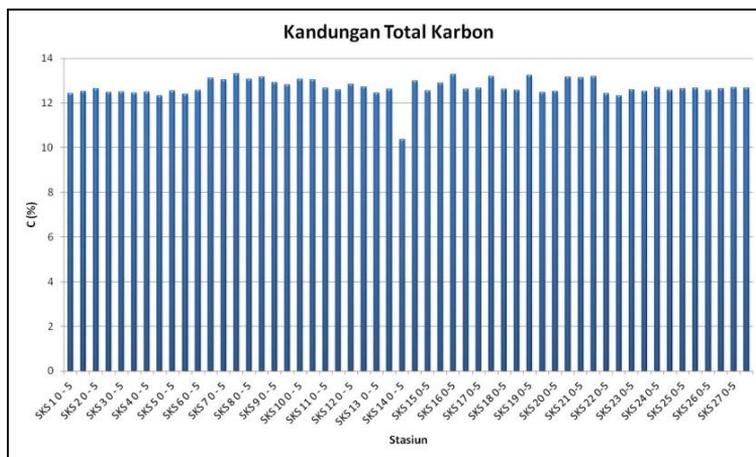
$$\text{Bulk density} = \frac{\text{berat kering sampel (g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

Konsentrasi total karbon dan nitrogen yang terkandung di sedimen dianalisis menggunakan alat *Carbon Hydrogen Nitrogen and Sulphur (CHNS) Truspect Analyzer*. Selanjutnya dilakukan perhitungan konsentrasi karbon dalam sedimen dengan rumus sebagai berikut (Kauffman dan Donato, 2012):

$$\text{Karbon sedimen (Mg/ha)} = \text{bulk density (g/cm}^3\text{)} \times \text{interval kedalaman (cm)} \times \%C$$

Hasil perhitungan konsentrasi karbon kemudian dipresentasikan dalam bentuk grafik, dalam hal ini yang ditampilkan adalah konsentrasi karbon pada sedimen permukaan yaitu pada kedalaman 0 - 5 cm dan 11 - 15 cm dimana semua stasiun pengamatan memiliki data pada kedalaman tersebut. Pada beberapa pulau juga dilakukan analisis kandungan karbon pada tiap interval 5 cm untuk melihat profil kandungan karbon berdasarkan kedalaman.

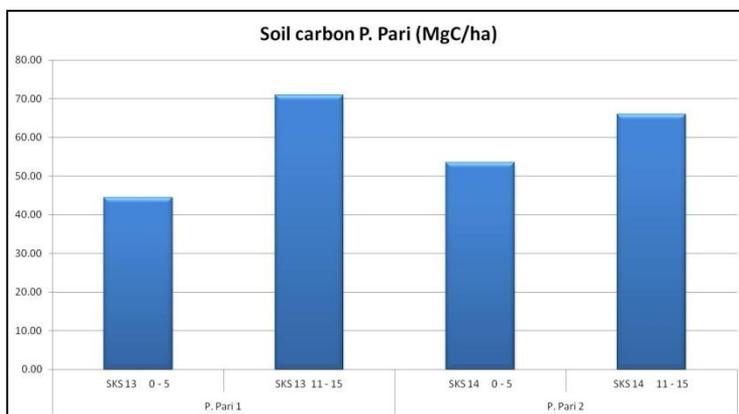
Kandungan Total Karbon dan Total Nitrogen Pada Sedimen Lamun Permukaan Di Kepulauan Seribu



Gambar 3. Kandungan total karbon pada sedimen lamun permukaan (0-15cm) di Kepulauan Seribu.

Hasil penelitian yang tersaji pada Gambar 3 menunjukkan persentase kandungan karbon pada sedimen lamun di bagian permukaan yaitu kedalaman 0-5 cm dan 11-15 cm, dari grafik tersebut terlihat bahwa kandungan total karbon tertinggi terdapat di stasiun SKS 7 pada kedalaman 11-15 cm, yaitu sebesar 13,302% dan kandungan total karbon terendah terdapat di stasiun SKS 14 pada kedalaman 0-5 cm sebesar 10,379%. Kandungan total karbon di lokasi penelitian relatif seragam, yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 12,691% dan semua nilai kandungan karbon berada di atas angka 10%.

Apabila dikonversikan menjadi gram karbon per hektar didapatkan nilai kandungan karbon sedimen berkisar antara 23,704 Mg/ha hingga 88,662 Mg/ha. Rustam (2014) menyatakan bahwa persentase kandungan total karbon pada sedimen lamun di Pulau Pari berkisar antara 10,2-12,195 %, hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan, dimana kandungan total karbon khusus untuk Pulau Pari berkisar antara 10,379-12,998 % (Gambar 4). Nurdiansah (2007) melakukan penelitian di Pulau Pari untuk kandungan karbon organik dan memperoleh kisaran antara 0,05-1,21% Corganik.



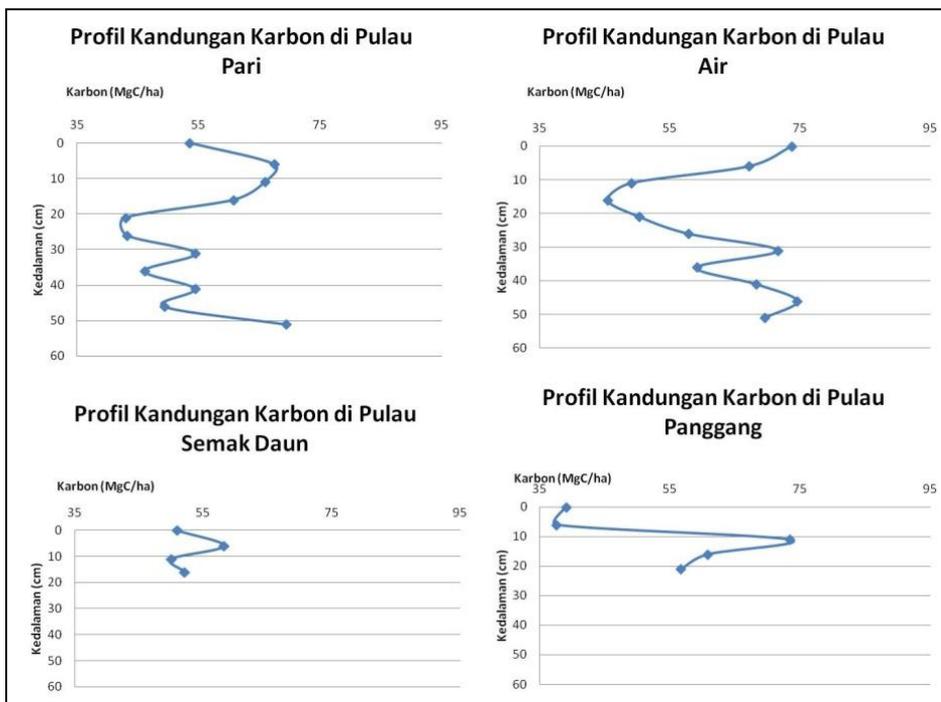
Gambar 4. Kandungan total karbon di P. Pari.

Kepulauan Seribu merupakan gugusan pulau-pulau yang terbentuk dari terumbu karang, dimana sedimen penyusunnya berasal dari pecahan karang dan juga cangkang kerang yang kandungan karbonatnya sudah tinggi. Kandungan karbon yang nilainya cukup tinggi ini (> 10%) selain berasal dari lamun juga berasal dari sedimen karbonat yang terbentuk dari proses pelapukan cangkang biota laut dan pecahan karang.

Sedimen yang didapat di beberapa pulau juga dilakukan analisis profil kandungan karbon per 5 cm, antara lain sedimen di P. Pari dimana total kedalaman sedimen yang didapat hingga 55 cm; di P. Air (kedalaman hingga 55 cm); di P. Semak Daun (kedalaman hingga 20 cm); dan di P. Panggang (kedalaman hingga 25 cm). Gambar 5 menunjukkan profil karbon dalam MgC/ha berdasarkan kedalaman.

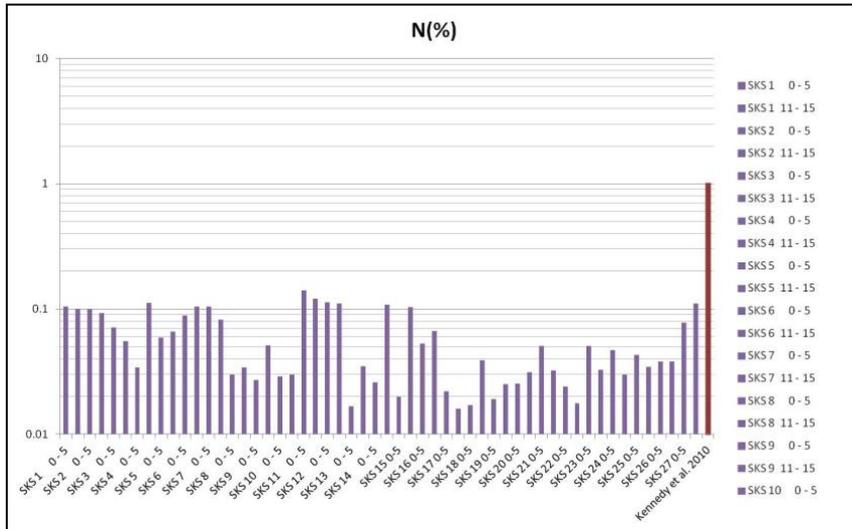
Gambar 5 memperlihatkan bahwa profil kandungan karbon cukup bervariasi per kedalaman, namun secara umum kandungan karbon semakin tinggi pada lapisan paling dalam. Kisaran kandungan karbon dari keempat pulau yang di analisis tiap 5 cm yaitu antara 37,56 - 76,98 MgC/ha. Total karbon stok di P. Pari dan P. Air yang memiliki kedalaman sedimen hingga 55 cm berkisar antara 607,98-686,36 MgC/ha. Nilai karbon stok ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian di Tanjung Lesung, Banten (Rustam *et al.*, 2013) yang hanya sebesar 118,81 MgC/ha dimana nilai konsentrasi total karbon berkisar antara 2,20 - 7,91%. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi karbon yang terukur di sedimen dipengaruhi oleh asal usul dari keberadaan sedimen tersebut yang

menjelaskan apakah peranan laut atau daratan yang lebih dominan (Rustam, 2014). Perbandingan dari hasil penelitian di Kepulauan Seribu dan Tanjung Lesung, Banten menunjukkan bahwa pengaruh laut lebih besar di Kepulauan Seribu sedangkan pengaruh daratan lebih besar di Tanjung Lesung.



Gambar 5. Profil Kandungan Karbon per kedalaman di P. Pari, P. Air, P. Semak Daun dan P. Panggang.

Hasil penelitian kandungan total nitrogen pada sedimen lamun di Kepulauan Seribu ditunjukkan pada gambar 6, dimana nilai tertinggi didapatkan di stasiun SKS 11 kedalaman 0 - 5 cm yaitu sebesar 0,141% sedangkan nilai terendah didapatkan pada stasiun SKS 17 kedalaman 11 - 15 cm yaitu sebesar 0,016%. Rata-rata dari keseluruhan stasiun adalah sebesar 0,057%.



Gambar 6. Kandungan total nitrogen pada sedimen lamun di Kepulauan Seribu.

Hasil penelitian khusus di P. Pari tidak terlalu berbeda dengan pengukuran pada tahun 2007 dimana diketahui bahwa secara umum kandungan unsur N total di P. Pari berkisar antara 0,01 – 0,13 % (Nurdiansah, 2007). Hasil pengukuran pada tahun 2014 di sedimen lamun P. Pari kandungan N total berkisar antara 0,02-0,11% (gambar 7).



Gambar 7. Kandungan Nitrogen di P. Pari.

Kennedy *et al.*, (2010) meneliti sejumlah 207 sampel sedimen dari 88 lokasi di seluruh dunia dan memperoleh kisaran hasil total nitrogen sebesar 0,01 - 1,01%. Nilai yang diperoleh dari hasil penelitian ini masih termasuk ke dalam kisaran tersebut.

Tumbuhan menyerap nitrogen dalam bentuk amonia, nitrit dan nitrat dari substrat tempat tumbuhnya, demikian juga dengan lamun. Kandungan nitrogen merupakan salah satu faktor penting yang perlu diamati karena perubahan siklus nitrogen berdampak besar terhadap ekosistem akuatik (Downing *et al.*, 1999).

Penutup

Kandungan total karbon pada sedimen lamun di Kepulauan Seribu lebih dipengaruhi oleh pengaruh laut, dimana sedimennya selain berasal dari lamun juga berasal dari pecahan karang dan cangkang kerang. Nilai total karbon di Kepulauan Seribu pada semua stasiun berada pada kisaran di atas 10%, lebih tinggi dari hasil penelitian di lokasi Tanjung Lesung, Banten yang lebih dominan dipengaruhi oleh daratan.

Daftar Pustaka

- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. dan Farber, S. 1997. *The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital*. Nature, 387, 253-260. Doi: 10.1038/387253a0.
- Downing, J. A., *et al.* 1999. *Gulf of Mexico hypoxia: Land and sea interactions*. CAST Task Force Report 134.
- Duarte, C. M., dan J. Cebrian. 1996. *The fate of marine autotrophic production*. Limnol. Oceanogr., 41 (8). 1758-1766. Doi: 10.4319/lo.1996.41.8.1758.
- Hendriks, I. E., T. Sintes, T. J. Boum. dan C. M. Duarte. 2008. *Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of seagrass (*P. oceanica*) on flow and particle trapping*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 36, 163-173. Doi: 10.3354/meps07316.
- Kauffman, J. B. dan Donato, D. C. 2012. *Protocol for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forest*. Working paper 86. CIFOR, Bogor. Indonesia. 40 pp.

- Kawaroe, 2008. *Perspektif Lamun sebagai Blue Carbon Sinks di Laut*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Kennedy, H., J. Beggins, C. M. Duarte, J. W. Fourqurean, M. Holmer, N. Marba, dan J. J. Middleburg. 2010. *Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints*. *Global Biogeochem. Cycles*, 24, GB4026, doi: 10.1029/2010GB003848.
- Kiswara W. 1997. *Struktur komunitas padang lamun perairan Indonesia: Inventarisasi dan evaluasi potensi laut pesisir II*. Jakarta (ID). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi-LIPI
- Millero, S. J. Dan Sohn, M. L. 1992. *Chemical Oceanography*. Florida: CRC Press, Inc.
- Nurdiansah, L. 2007. *Partikel Penyusun dan Status Keharaan Substrat di Gugus Pulau Pari*. Temu Karya Ilmiah Riset Kelautan dan Perikanan. 23 Oktober 2007.
- Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta. 2012. *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta 2012*.
- Rifardi and Oki, K. 1998. *Relative Sedimentation Rates and L/Tl values of benthic foraminifers in the Taphonomy 160 Ekologi Sedimen Laut Modern Inferred From The Southern Yatsushiro Kai (Sea), Southwest Kyushu, Japan*. *Fossils*, (65) 10-30.
- Rustam, A., Pranowo, W. S., Kepel, T. L., Adi, N. S., Hendrajana, B. 2013. *Peran Laut Jawa dan Teluk Banten sebagai Pelepas atau Penyerap CO2*. *Jurnal Segara*, 9(1):75-84.
- Rustam, A. 2014. *Kontribusi Lamun dalam Regulasi Karbon dan Stabilisasi Ekosistem*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana institut Pertanian Bogor.
- Tomiyasu, T., Nagano, A., Sakamoto, H., Rifardi, Oki, K. and Akagi, H. 2000. *Mercury Contamination in the Yatsushiro sea southwestern Japan: spatial variations of mercury in 162*. *Journal of the science of the total environment* 257: 121-132.

Dinamika Konversi Dasar Perairan di Kepulauan Seribu

Hadiwijaya Lesmana Salim, Semeidi Husrin dan Dini Purbani

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan
dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Perkembangan sektor wisata di Kepulauan Seribu meningkat sangat pesat yang ditandai dengan jumlah *homestay* sebesar 250% dari tahun 2010 hingga 2015 dan kedatangan wisatawan mencapai 350% dalam kurun waktu 2011 – 2014 (BPS Kep. Seribu).

Tingginya tingkat kunjungan wisata di Kepulauan Seribu perlu didukung oleh peningkatan sarana prasarana untuk menunjang kegiatan pariwisata tersebut. Sarana yang perlu ditambah sebagai fungsi amenitas diantaranya adalah ketersediaan pelabuhan untuk penambatan kapal, maupun kelancaran pelayaran kapal (WTO, 2007). Kemudahan untuk mencapai tujuan wisata merupakan salah satu faktor yang menentukan ketertarikan wisatawan untuk datang (Abdillah, 2016). Hal tersebut memungkinkan untuk terjadinya perubahan atau konversi baik penggunaan lahan di pulau maupun di sekitar pulau tersebut. Perubahan penggunaan lahan di pulau dapat memberikan ancaman terhadap kerusakan ekosistem seperti terumbu karang.

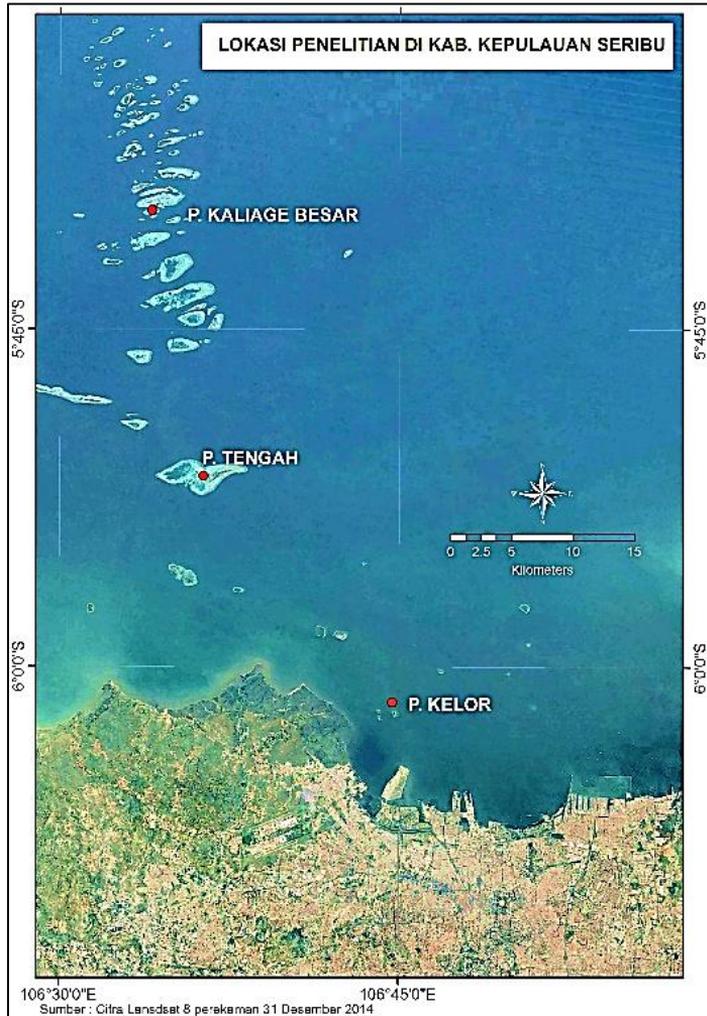
Penelitian Johan (2004) menunjukkan bahwa telah terjadi kerusakan karang sebesar 55,5%. Penurunan kondisi terumbu karang terus terjadi. Hal tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Faizal & Iriana (2012) yang menyatakan bahwa telah terjadi penurunan di semua zona taman nasional, yaitu sebesar 4,54% di zona inti, 7,79% di zona perlindungan, 8,67% di zona pemanfaatan pariwisata dan sebesar 0,19% di zona permukiman.

Penurunan kondisi terumbu karang disebabkan secara alamiah maupun buatan. Secara alamiah misalnya disebabkan oleh kenaikan suhu permukaan laut secara drastis sedangkan secara buatan diantaranya penggunaan bahan peledak dan racun untuk menangkap ikan serta adanya praktik pengambilan karang hias (Johan, 2004). Penyebab lain yang menurut penulis belum banyak dibahas adalah adanya pengerukan dasar

laut untuk memperdalam dan memperluas alur lalu lintas kapal. Hal tersebut dimungkinkan dilakukan untuk memperlancar mobilitas kapal di sekitar pulau-pulau kecil. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika perubahan dasar laut akibat pengerukan di sekitar pulau-pulau kecil.

Lokasi yang diteliti adalah Pulau Kaliage Besar, Pulau Tengah dan Pulau Kelor (Gambar 1). Pulau Kaliage Besar terletak paling utara dibanding 2 pulau lain. Sedangkan Pulau Tengah berada di gugusan Pulau Pari yang sudah lebih dulu dijadikan destinasi wisata. Adapun Pulau Kelor berjarak sekitar 4 km dari daratan Pulau Jawa dan sekitar 13 km dari pelabuhan Sunda Kelapa. Dua pulau pertama merupakan pulau yang dikelola oleh pihak swasta untuk disewakan sebagai resort dan wisata pantai. Sedangkan Pulau Kelor dikelola oleh pemerintah sebagai obyek wisata sejarah. Perbedaan karakteristik pulau dan pesatnya kunjungan wisatawan menyebabkan terjadinya dinamika baik pada pulau maupun dasar perairannya. Untuk itulah diperlukan sebuah penelitian untuk mengkaji dinamika dasar perairannya.

Penelitian ini menggunakan data citra satelit resolusi tinggi yang diperoleh dari *Google Earth*. Informasi yang multi temporal dengan kedetailan yang tinggi citra satelit ini sering digunakan untuk mengkaji dinamika fenomena di permukaan bumi baik alamiah maupun artifisial. Terlebih lagi citra ini dapat diperoleh secara gratis hanya bermodalkan internet. Penelitian seperti ini pernah dilakukan oleh Zamroh (2014) untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan pemukiman Kecamatan Kaliwungu.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

Untuk memperoleh informasi perubahan atau dinamika konversi perubahan dasar laut diperlukan perbandingan informasi minimal 2 (dua) periode waktu. Untuk Pulau Kaliage Besar diperoleh data tahun 2008 dan 2016. Pulau Tengah tahun 2009 dan 2015. Sedangkan Pulau Kelor data yang digunakan data tahun 2004 dan 2016. Citra satelit yang diperoleh dari *Google Earth* tersebut kemudian dilakukan penajaman citra (*image enhancement*) dengan peregangan kontras. Selanjutnya dilakukan image georeference yaitu proses menyamakan koordinat peta dengan koordinat bumi. Datum yang digunakan adalah WGS84 dengan sistem koordinat UTM zona 48S.

Proses selanjutnya dilakukan *clipping* atau mengeliminir bagian citra yang tidak diperlukan dan hanya difokuskan pada dasar perairan sehingga data pulau tidak digunakan. Pengkelasan dasar perairan kemudian dilakukan untuk memperoleh informasi pasir, terumbu karang, lamun dan laut dalam melalui klasifikasi terbimbing. Identifikasi lokasi dan batas kerukan dilakukan pada citra yang terakhir dalam hal ini adalah tahun 2015 dan 2016, melalui proses digitasi sehingga dihasilkan data vektor batas kerukan.

Sistem Informasi Geografis kemudian dilakukan untuk mengetahui sebaran kerukan dan dasar perairannya. Proses tersebut adalah proses overlay antara dasar perairan dan daerah kerukan. Selanjutnya dapat diperoleh informasi luas dasar perairan yang berubah akibat kerukan.

Dinamika Konversi Dasar Perairan Di Kepulauan Seribu

Perubahan dasar perairan di sekitar pulau akibat proses alamiah maupun artifisial terjadi dalam kurun waktu yang berbeda-beda tiap pulauanya.

Pulau Kaliage Besar

Pulau Kaliage Besar terletak di sebelah utara daratan Jakarta yang berjarak sekitar 58 km dari dermaga Marina, Ancol dan dapat ditempuh sekitar 1 jam menggunakan *speed boat*. Pulau Kaliage Besar masuk ke dalam Kecamatan Kepulauan Seribu Utara. Pulau ini merupakan pulau pribadi seorang pengusaha media di Jakarta. Berdasarkan RTRW Kabupaten Kepulauan Seribu tahun 2005, Pulau Kaliage Besar termasuk kedalam zona pemanfaatan dan dikembangkan untuk pariwisata.

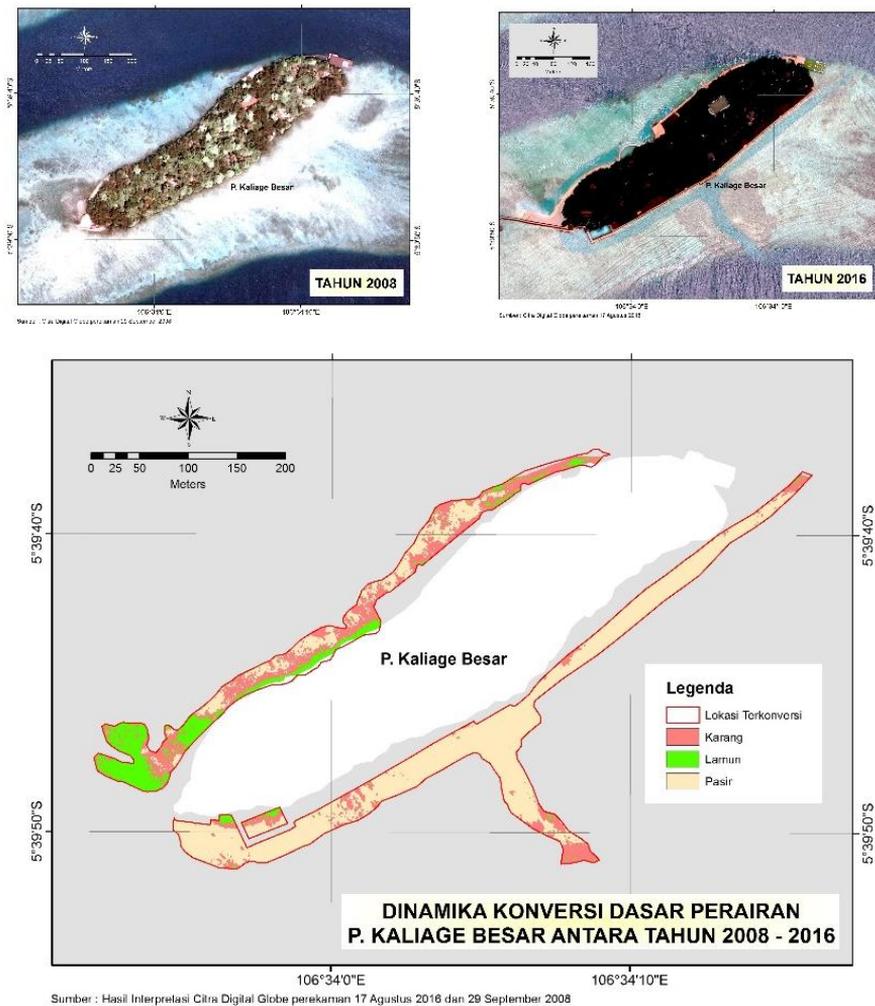
Di Pulau Kaliage Besar dalam kurun waktu dari tahun 2008 sampai dengan 2016 (8 tahun) terjadi perubahan dasar perairan. Meskipun demikian pantauan menggunakan citra satelit *Google Earth* menunjukkan pengerukan terjadi mulai tahun 2015. Sehingga dapat diketahui dalam kurun waktu 1 (satu) tahun terjadi pengerukan seluas sekitar 3,7 hektar (Tabel.1).

Secara umum dapat diketahui pola pengerukan berada di sebelah utara dan selatan pulau. Lokasi pengerukan di sebelah utara bertujuan agar lebih mendekati tubir, sedangkan di sebelah selatan dengan pertimbangan arus yang relatif lebih tenang. Lebar pengerukan berkisar antara 15 hingga 30 meter. Diasumsikan kedalaman pengerukan sekitar 2 meter, maka dapat

diketahui volume dasar perairan yang dikeruk sebesar 75,8 ribu m³. Sebagian besar dasar perairan yang dikeruk berupa pasir (63,2%), karang (23,6%) dan lamun (13,2%).

Tabel 1. Dasar perairan dan luas yang terkonversi di P.Kaliage Besar

No	Dasar Perairan	Luas (Ha)
1	Karang	0,898
2	Lamun	0,498
3	Pasir	2,397
	Total	3,793



Gambar 2. Peta Dinamika Konversi Dasar Perairan di P.Kaliage Besar.

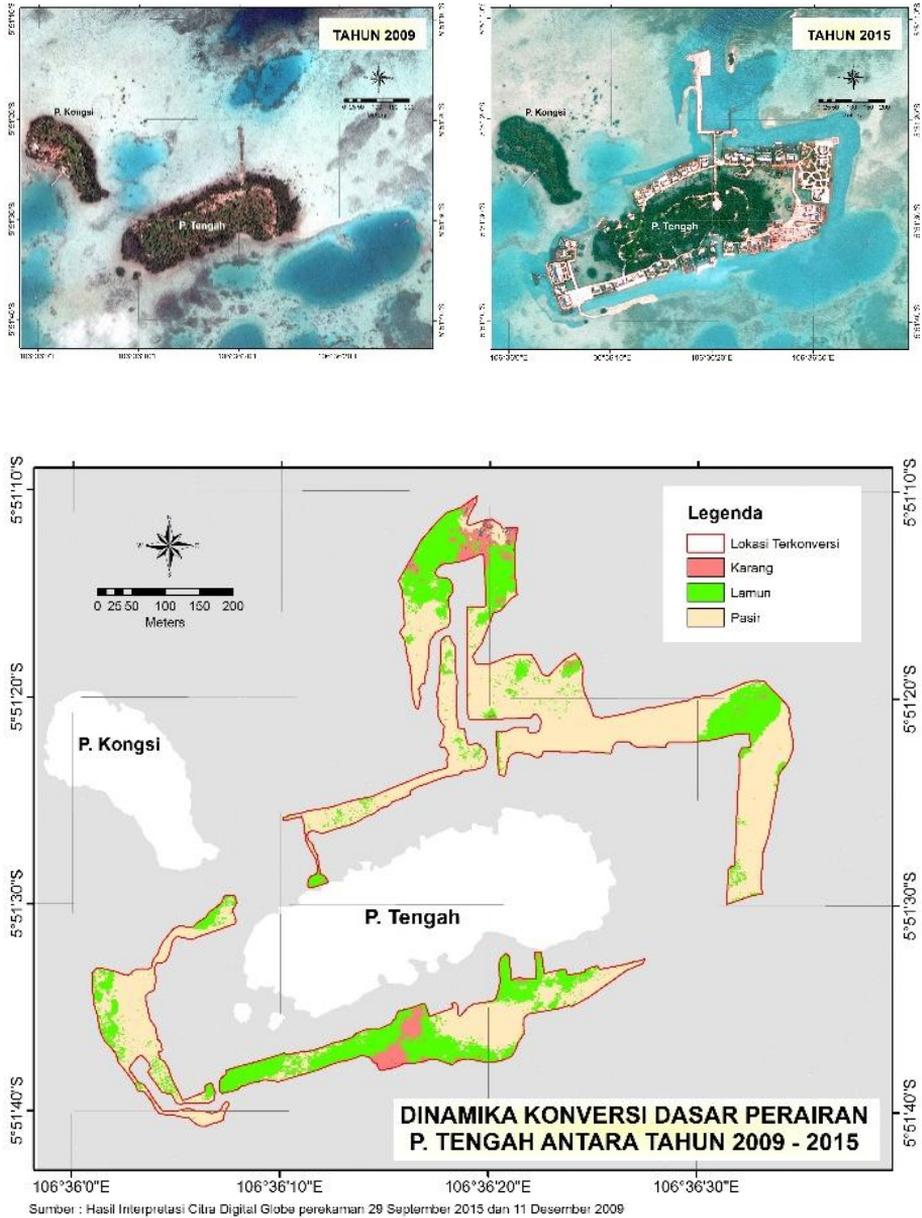
Pulau Tengah

Perkembangan di Pulau Tengah tidak terlepas dari Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta nomor 1986 tahun 2000 tentang pemecahan, pembentukan, penetapan, batas dan luas kecamatan-kecamatan di Kepulauan Seribu. Dalam SK tersebut dikatakan bahwa Pulau Tengah termasuk ke dalam peruntukkan rekreasi dan penghijauan (Mulia, 2004). Pada Juni 2012 pulau tersebut dibeli oleh seorang pengusaha bernama Hengky Setiawan sehingga penduduk sekitar menyebut pulau tersebut dengan Pulau H. Pembangunan resort selanjutnya dilakukan untuk kepentingan wisata pada awal 2013. Tercatat terdapat sebanyak 42 unit villa berdiri di Pulau Tengah ini (<https://travel.detik.com>). Perhitungan menggunakan citra *Google Earth* diketahui telah terjadi penambahan luas area untuk resort sekitar 10,1 hektar.

Guna menunjang kelancaran wisatawan untuk berkunjung ke Pulau Tengah, dilakukan pelebaran dan pendalaman alur kapal. Berdasarkan perhitungan citra satelit dalam kurun waktu dari tahun 2009 sampai dengan 2015 (6 tahun) terjadi pengerukan seluas 12,4 hektar yang dominan substrat dasar perairan berupa pasir (59,4%) dan mengeruk lamun sekitar 35% (Tabel.2). Lokasi pengerukan dominan berada di sebelah utara dan timur pulau, hal tersebut dilakukan karena lebih dekat ke arah tubir. Perhitungan kasar menunjukkan bahwa dengan asumsi pengerukan sedalam 2 meter, maka telah terkeruk dasar perairannya sebanyak 248,4 ribu m³.

Tabel 2. Dasar perairan dan luas yang terkonversi di P.Tengah

No	Dasar Perairan	Luas (Ha)
1	Karang	7,389
2	Lamun	4,385
3	Pasir	0,648
	Total	12,422



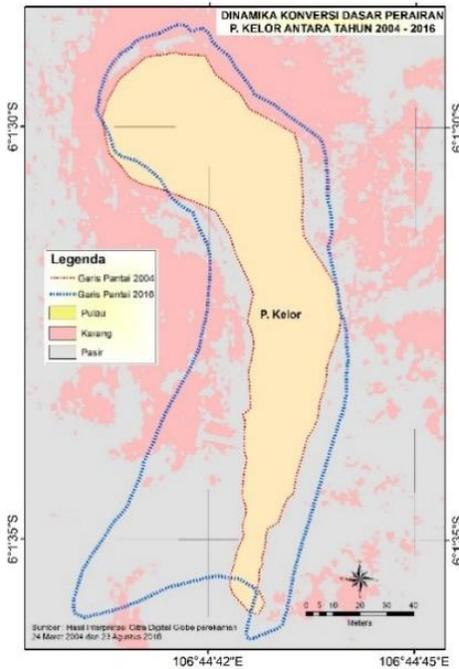
Gambar 3. Peta Dinamika Konversi Dasar Perairan di P.Tengah.

Pulau Kelor

Pulau Kelor berjarak sekitar 14 km dari dermaga Marina atau dapat ditempuh selama 30 menit menggunakan kapal motor. Pulau Kelor terletak berdekatan dengan Pulau Onrust sekitar 1,4 km dan 1 km ke Pulau Bidadari. Pulau Kelor, Pulau Onrust dan Pulau Bidadari merupakan kawasan pulau yang memiliki nilai sejarah.

Dahulunya Pulau Kelor dikenal penduduk sebagai Pulau Kherkof yang berarti pekuburan atau permakaman. Menurut sejarah dikatakan bahwa di Pulau ini banyak dikuburkan para awak kapal berbangsa Indonesia yang gugur melawan penjajah Belanda. Di sini pula terdapat kuburan kapal tujuh atau biasa disebut *Seven Provincien*. Beberapa peninggalan Belanda diantaranya galangan kapal dan benteng yang dibangun pada masa VOC terdapat disini. Razak & Suprihardjo (2013) mengelompokkan Pulau ini sebagai pulau pendukung wisata bahari. Selanjutnya pulau ini ditetapkan melalui SK Gubernur DKI Jakarta nomor 2209 tahun 2015 sebagai kawasan cagar budaya (www.jakarta.go.id).

Di Pulau Kelor dalam kurun waktu dari tahun 2004 sampai dengan 2016 (12 tahun) terjadi penambahan luas pantai dari 0,651 ha menjadi 1,293 ha atau bertambah seluas 0,642 ha. Sebagian besar perubahan terjadi di sebelah selatan berupa penambahan area pulau dengan material pasir. Penambahan tersebut disebabkan secara alamiah melalui proses oseanografi. Hasil pengukuran diketahui terjadi penambahan lebar pulau dari 12 meter menjadi 65 meter di bagian selatan.



Gambaran pemecah gelombang dan tembok laut di sekitar Pulau Kelor yang berhasil menahan laju erosi dan bahkan menambah luasan pulau

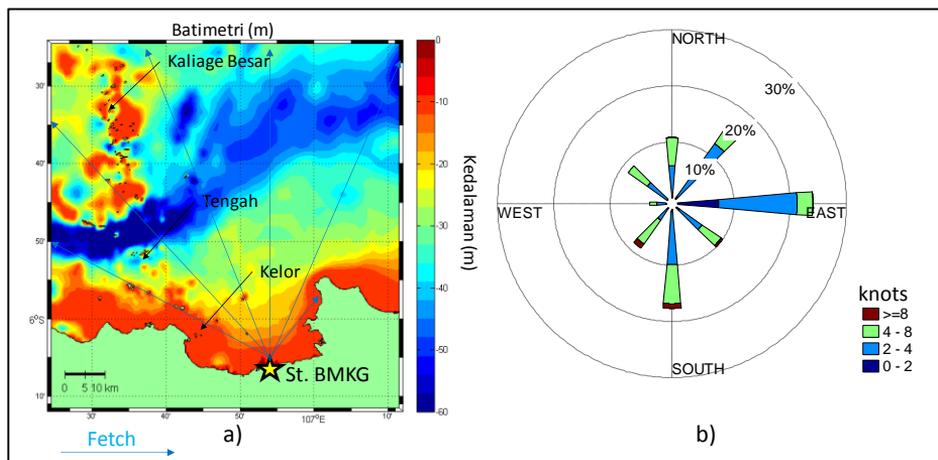
Gambar 4. Peta Dinamika Konversi Dasar Perairan di P.Kelor

Karakteristik Gelombang

Karakteristik dasar perairan dipengaruhi oleh gaya hidrodinamika diantaranya arus dan gelombang laut. Dilihat dari posisi geografis, kepulauan seribu mendapat pengaruh sirkulasi arus yang berasal dari pasang surut dan angin di laut Jawa, sirkulasi arus di Teluk Jakarta dan amplifikasi arus diantara pulau pulau. Selain itu, pengaruh angin musiman

juga mempengaruhi karakteristik gelombang (Hadi dkk., 2005; Sachoemar, 2008; Gufron, 2012). Pada subbab ini, hanya aspek gelombang yang akan didiskusikan lebih rinci sebagai salah satu parameter lingkungan yang berpengaruh besar pada perubahan tataguna lahan di lokasi penelitian.

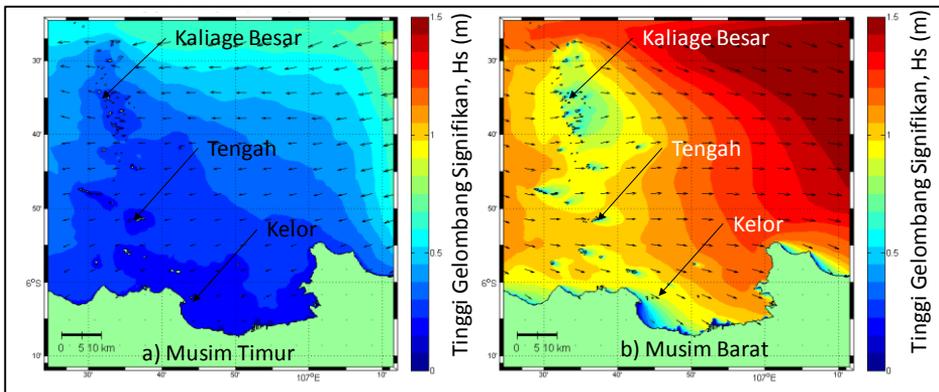
Dilihat dari batimetrinya, perairan Teluk Jakarta dan sekitarnya dapat dikategorikan ke dalam kategori perairan dangkal. Pada lokasi penelitian, perairan terdalam adalah -60 m. Uniknya, kedalaman ini berlokasi tepat di utara Pulau Kelor dan Pulau Tengah dan sebelah selatan Pulau Kaliage Besar (Gambar 5). Daerah di sekitar Pulau Kelor dan Pulau Kaliage Besar umumnya memiliki kedalaman kurang dari 10 m. Batimetri di sekitar Pulau Kelor relatif lebih dangkal karena lokasinya yang masih berdekatan dengan daratan sehingga dinamika perairan di sekitarnya sangat dipengaruhi oleh geometri Teluk Jakarta dan dari daratan. Sementara itu, batimetri Pulau Kaliage Besar lebih dangkal karena terdapat dalam gugusan pulau - pulau kecil lainnya, sehingga dinamika perairan Kaliage Besar mengikuti pola umum dinamika gugusan pulau - pulau kecil yang membentang dari selatan ke utara. Berbeda dengan Pulau Kelor dan Pulau Kaliage Besar, batimetri perairan Pulau Tengah berlokasi pada lereng yang menyebabkan kondisi perairan di sini terpengaruh oleh dinamika perairan dalam yang persis berada di sebelah utara pulau.



Gambar 5: a) Batimetri Teluk Jakarta (Dishidros-TNI AL) dan b) Mawar angin harian rata-rata di Teluk Jakarta 2000 - 2016. (St. Tanjung Priok, BMKG).

Berdasarkan data dari tahun 2000 - 2016, karakteristik angin di Teluk Jakarta yang terukur oleh Stasiun Maritim BMKG Tanjung Priok memperlihatkan bahwa angin dominan berasal dari arah timur diikuti oleh arah timur laut, dan selatan. Jika dilihat dari wilayah pembentukan gelombang (*fetch*), pada lokasi pengukuran angin, gelombang dominan yang digerakkan oleh angin berpotensi terbentuk dari arah timur laut, utara dan barat laut, karena pada arah ini wilayah pembentukan gelombang cukup luas dibanding arah lainnya. Sementara pada arah timur, daerah pembentukan gelombang terhalang oleh geometri Teluk Jakarta. Gambar 6 memperlihatkan karakteristik gelombang di daerah kajian berdasarkan input data angin 30 tahun ECMWF dengan resolusi $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ menggunakan model gelombang SWAN (<http://www.swan.tudelft.nl>) untuk kondisi musim angin timur dan musim angin barat (P3SDLP, 2016).

Berdasarkan hasil rerata per musim, tinggi gelombang pada musim angin barat lebih tinggi dibanding pada musim angin timur. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan berdasarkan hasil pandangan umum masyarakat pesisir di Kepulauan Seribu dan Teluk Jakarta di mana pada bulan – bulan antara (Oktober - April) atau musim angin barat, gelombang lebih tinggi dibanding pada bulan - bulan Mei - September (musim angin timur). Namun, walaupun gelombang dari barat lebih tinggi, gelombang dari arah timur lebih sering terjadi. Kondisi ini terlihat mempengaruhi keberadaan infrastruktur di Pulau Kelor di mana struktur Jetty dibangun menghadap ke barat. Konsekuensi dari lokasi Jetty di sebelah barat, Pulau Kelor kerap tidak dapat disinggahi kapal pada jam-jam tertentu. Namun demikian, pembangunan tembok laut serta pemecah gelombang hampir di sekeliling Pulau Kelor telah berhasil menahan laju erosi bahkan menambah luasan pulau. Material sedimen (pasir dan pecahan karang) yang terbawa arus gelombang terhambat oleh struktur penahan buatan dan menumpuk seiring berjalannya waktu (Gambar 4).



Gambar 6: Distribusi gelombang di Kepulauan Seribu dan Teluk Jakarta untuk a) musim angin timur dan b) musim angin barat. (P3SDLP, 2016)

Kondisi batimetri juga terlihat mempengaruhi distribusi karakteristik gelombang di lokasi kajian. Pada Kaliage Besar terlindung dari gelombang ekstrim karena terletak pada gugusan pulau-pulau kecil dengan hamparan karang dan perairan dangkal. Pada musim barat, tinggi gelombang di sekitar perairan Pulau Kaliage Besar kurang dari 1 m. Oleh karena itu, keberadaan infrastruktur di perairan ini sedikit dipengaruhi oleh karakteristik gelombang. Karakteristik kemudahan akses ke perairan yang lebih dalam dapat melalui bagian utara maupun bagian selatan dari pulau. Sementara itu, Pulau Tengah relatif lebih terbuka karena keberadaan “celah” lautan dalam di sebelah utara. Oleh karena itu, gelombang di Perairan Pulau Tengah melebihi 1 m saat musim barat. Akses masuk Pulau Tengah yang terletak di sebelah utara berdasarkan pada kondisi batimetri di mana sebelah utara hamparan karang lebih sempit dan langsung terpapar batimetri yang lebih dalam setelahnya.

Perubahan tataguna lahan di sekitar pulau yang sedang dikaji tidak dapat dihindari mengingat akses masuk kapal, menambatkan kapal – kapal dan melindungi infrastruktur yang ada mutlak diperlukan. Untuk memudahkan mobilitas kapal dan aktivitas manusia di Pulau Kaliage Besar dan Pulau Tengah, sebagian karang yang mengelilingi pulau terpaksa harus dikeruk. Sebaliknya, Pulau Kelor membutuhkan perhatian khusus karena terus-menerus tererosi oleh hantaman gelombang. Struktur tanggul laut, pemecah gelombang dan jetty dibangun guna menyelamatkan pulau bersejarah ini dari kepunahan selamanya seperti yang terjadi pada pulau-pulau lainnya di Teluk Jakarta dan sekitarnya (Farhan & Lim, 2012).

Kesimpulan

Dari hasil diskusi di atas, aspek hidrodinamika terutama gelombang terlihat jelas mempengaruhi pola perubahan tataguna lahan pada tiga pulau di Kepulauan Seribu yang sedang dikaji: Pulau Kelor, Pulau Tengah dan Pulau Kaliage Besar.

Dalam kurun waktu satu dasawarsa terjadinya dinamika perubahan dasar laut yang disebabkan oleh pengerukkan dasar perairan untuk alur kapal seperti yang terjadi di Pulau Kaliage Besar, Pulau Tengah dan Pulau Kelor. Pengerukkan tersebut berdampak hilangnya beberapa habitat bentik dasar perairan seperti terumbu karang, lamun dan pasir. Sebagian besar pengerukkan tersebut bertujuan untuk memperlebar dan memperdalam alur kapal.

Pembangunan struktur buatan berupa penahan gelombang dan tembok laut yang tepat dan memperhatikan kondisi oseanografi dapat menjadi jebakan sedimen (*sediment trap*) sehingga berakibat positif yaitu luasan pulau menjadi bertambah, seperti halnya yang terjadi di Pulau Kelor.

Daftar Pustaka

- Abdillah, D. 2016, Pengembangan Wisata Bahari di Pesisir Pantai Teluk Lampung, Jurnal Destinasi Kepariwisata Indonesia Vol. 1 No. 1 Juni 2016 PP: 45 - 66.
- Anggraini, D. dan Cahyadi, A. 2013. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Pola Adaptasi Masyarakat Terhadap Keterbatasan Lahan Di Pulau Panggang Kepulauan Seribu Dki Jakarta. Jurnal Pendidikan Geografi, Vol.II No. 22 Desember 2013, http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal_geografi/article/view/7336.
- Faisal, I. dan Iriana, H.D, 2012, Kondisi dan Distribusi Terumbu Karang pada Zonasi Taman Nasional Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta DOI: 10.13140/RG.2.2.11692.05769 .
- Farhan, A. R, dan Lim, S. 2012, Vulnerability assessment of ecological conditions in Seribu Islands, Indonesia, Ocean and Coastal Management. 65: pp. 1–14, Elsevier, Amsterdam.
- Gufron, M. 2012. Pengaruh Gelombang dan Arus Permukaan Laut Yang Dibangkitkan Angin Terhadap Ekostruktur Ikan Terumbu di Karang Lebar, Kepulauan Seribu, Laporan skripsi, Fakultas PIK-IPB.

- Hadi, S., Ningsih, N.S. dan Pujiana, K. 2005. Studi Awal Pemodelan Medan Gelombang di Laut Jawa dan Karakteristik Spektrum Energi Gelombang di Teluk Jakarta. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 169-176, ISSN 2406-7598
- Johan, O. 2004. Kondisi Ekosistem Terumbu Karang Sebagai Sumber daya Perikanan di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia*, edisi Akuakultur. Vol.10 Nomer, 2004
- Mulia, D. 2004, Alternatif Pengembangan Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu Sebagai objek Ekowisata Bahari di DKI Jakarta, Skripsi, IPB.
- P3SDLP, 2016. Dampak Pengembangan NCICD pada Desain Hijau Tanggul Laut Jakarta, Laporan kegiatan Penelitian P3SDLP 2016, Balitbang Kelautan dan Perikanan-KKP, Jakarta
- Razak, A. & Suprihardjo, R., 2013, Pengembangan Kawasan Pariwisata Terpadu di Kepulauan Seribu, *Jurnal Teknik POMITS*, Vol.2 No.1, C14 – C19
- Sachoemar, S. 2008. Karakteristik Lingkungan Perairan Kepulauan Seribu, *JAI* Vol.4, No.2, 2008
- World Tourism Organization. 2007. *A Practical Guide to Tourism Destination Management*. Spain:World Tourism Organization.
- Zamroh, M. R. A., 2014, Analisis Perubahan Penggunaan Lahan untuk Permukiman di Kecamatan Kaliwungu dengan Sistem Informasi Geografis, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi* Vol. 2 No. 1 Oktober 2014. Pp:106-115

Perubahan Tutupan Lahan di Pulau Pramuka dan Pulau Tengah dari Citra Google Earth

Dini Purbani dan Hadiwijaya Lesmana Salim

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Kepulauan Seribu merupakan gugusan pulau-pulau kecil yang terbentang dari teluk Jakarta hingga Pulau Sebira. Jumlah pulau di Kepulauan Seribu berjumlah 106 pulau dengan pembagian 11 pulau permukiman, 4 pulau dengan bangunan sejarah, 2 pulau cagar alam dan 9 pulau wisata umum dan 36 pulau wisata lainnya yang dihuni sekitar 2.000 jiwa penduduk dengan pusat pemerintahannya terdapat di Pulau Pramuka yang memiliki luas total lautan mencapai 6.997, 50 Km² dan daratan 865, 59 Ha.

Gugusan Kepulauan Seribu menyimpan banyak potensi alam dan pariwisata di setiap sudut pulaunya. Setiap pulau memiliki kekhasan dan daya tarik tersendiri yang membuat para turis baik lokal maupun mancanegara tertarik untuk berkunjung dan menikmati keindahan yang tersimpan di pulau-pulau tersebut.

Sebagaimana disebutkan Pulau Pramuka sebagai pusat administrasi sejak tahun 2003, secara administratif Pulau Pramuka dibagi dalam dua kecamatan yakni Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan dan Kecamatan Kepulauan Seribu Utara. Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan membawahi tiga kelurahan yaitu Kelurahan Pulau Tidung, Kelurahan Pulau Pari, dan Kelurahan Pulau Untung Jawa. Kecamatan Kepulauan Seribu Utara membawahi tiga kelurahan juga yaitu Kelurahan Pulau Kelapa, Kelurahan Pulau Harapan, dan Kelurahan Pulau Panggang (PP RI No 55 Tahun 2001).

Selain sebagai pusat administratif, Pulau Pramuka juga sebagai tujuan wisata bahari yang terkenal dengan keindahan terumbu karang. Jenis karang yang dijumpai antara lain *Montipora*, *Fungia*, *Acropora*, *Porites*, *Seriatopora*, *Echinopora*, *Pachyseris*, *Chypastrea*, *Favites*, *Hydnopora*, *Galaxea*, dan *Lobophyllia* (Estradivari, Idris, & Muh. Syahrir,

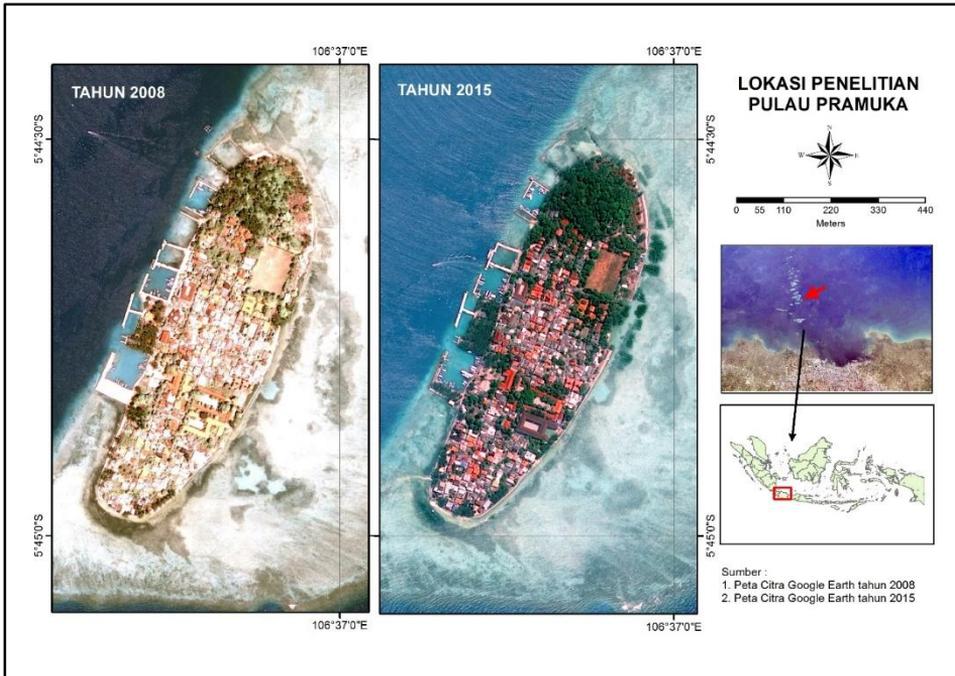
2009). Jenis ikan karang ikan dari suku *Pomacentridae* dan *Labridae* cenderung mendominasi struktur komunitas ikan karang di Kepulauan Seribu. Ikan-ikan karang dari suku *Pomacentridae* dan *Labridae* merupakan ikan yang memiliki jumlah jenis terbanyak dan kelompok yang dominan di perairan terumbu karang (Green, 1996; Meekan dkk., 1995; McManus dkk., 1992; Allen, 1975 dalam Estradivari, Idris, dan Muh. Syahrir 2009). Disebabkan Pulau Pramuka memiliki keanekaragaman terumbu karang dan ikan karang yang bervariasi maka perkembangan wisata cukup pesat. Hal ini menyebabkan bermunculan *homestay* dari kelas yang sederhana hingga terbilang mewah. Munculnya *homestay* secara tidak langsung mempengaruhi perubahan penggunaan lahan di Pulau Pramuka. Maraknya pembangunan *homestay* sejak tahun 2005, sehingga terjadi perubahan penggunaan lahan.

Kondisi ini terjadi juga di Pulau Tengah yang berada dalam gugusan Kepulauan Pari. Pesona Pulau Tengah memiliki keanekaragaman terumbu karang dan ikan karang. Jenis ikan karang adalah Kakaktua (*Scarus spp*), Baronang (*Siganus spp*), Kakap (*Lutjanus decusatus* dan *Lutjanus biguttatus*), dan Kerapu (*Cephalopholis boenack*) (Hartati & Edrus, 2011). Sedangkan jenis karang di Pulau Pari adalah *Acrypora*, *Pocillopora*, *Montipom*, *Fungia* (Azkab & Hutomo, 1986). Perbedaan yang signifikan dengan Pulau Pramuka adalah Pulau Tengah bersifat pribadi bukan *open access*, sehingga pengunjung yang datang adalah pengunjung yang mempunyai akses ke lokasi tersebut.

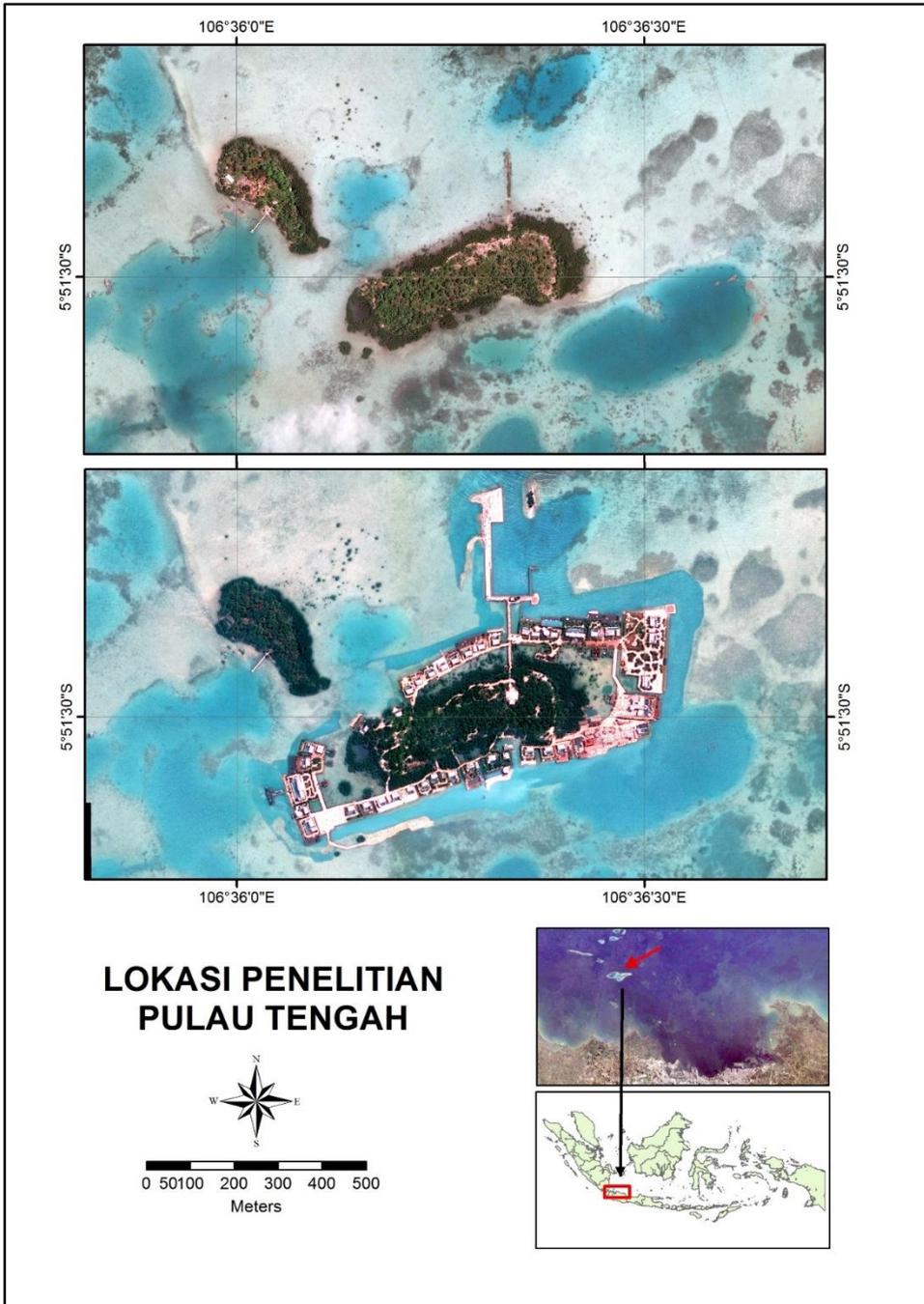
Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di pusat pemerintahan Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu yaitu Pulau Pramuka dan Pulau Tengah yang berada dalam gugusan Pulau Pari. Perubahan tutupan lahan di Pulau Pramuka dikaji dari tahun 2008 dan 2015, sedangkan Pulau Tengah dari tahun 2009 dan 2015. (Gambar 1. Lokasi Penelitian Pulau Pramuka, Gambar 2. Lokasi Penelitian Pulau Tengah).

Pemilihan lokasi di Pulau Pramuka dan Pulau Tengah karena kedua lokasi tersebut menjadi objek wisata pantai sejak tahun 2011 (Katalinga, 2013), yang berdampak pada pesatnya perkembangan wisata ke pulau sampai dengan saat ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Pulau Pramuka.



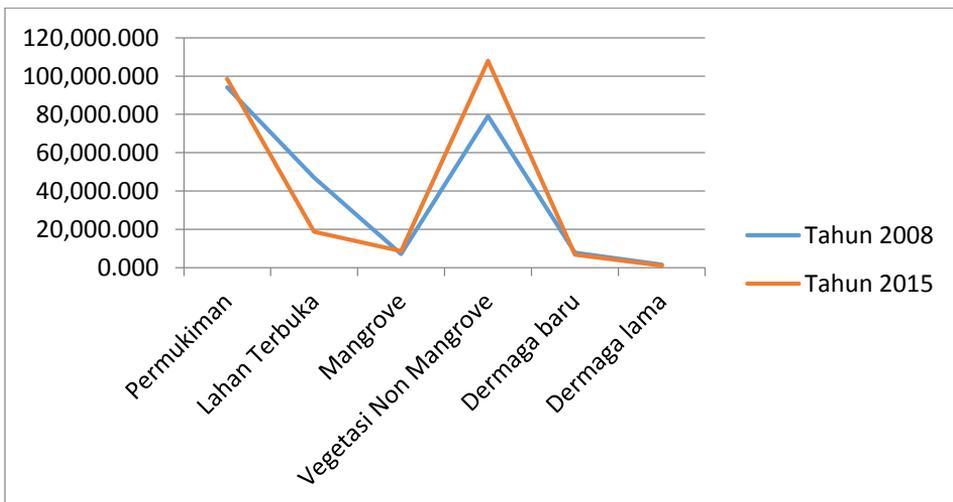
Gambar 2. Lokasi Penelitian Pulau Tengah.

Kondisi Pulau Pramuka

Pulau Pramuka memiliki luas 21.369 Ha jenis tutupan lahan permukiman, lahan terbuka, mangrove, vegetasi, dermaga baru dan dermaga lama. Jenis tutupan lahan di Pulau Pramuka tidak mengalami perubahan tutupan lahan dapat dilihat di peta 2 A Peta Penggunaan Lahan, namun yang berbeda dimensi luas penggunaan lahan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

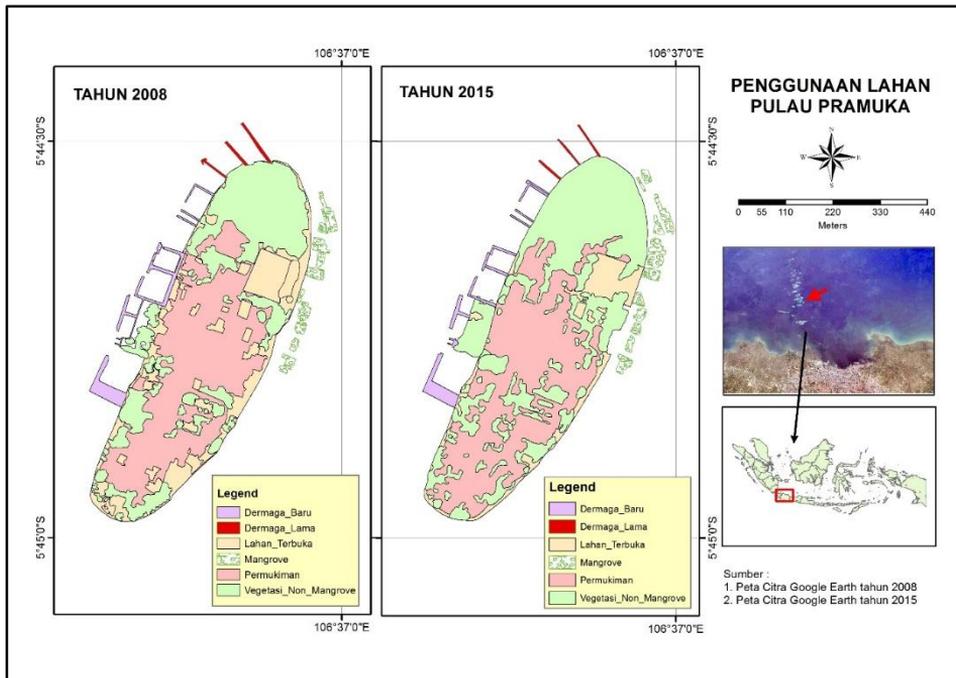
Tabel 1. Perbedaan dimensi luas dan persen perubahan P. Pramuka (Ha)

No	Keterangan	2008	2015	Perubahan (%)
1	Permukiman	94.164,0344	98.520	4,62593349
2	Lahan terbuka	46.958,32603	18.708,2074	-60,15997806
3	Mangrove	7.054,2062	8.668,68	22,88668284
4	Vegetasi	79.068	107.919,1694	36,48905926
5	Dermaga baru	7.809,687447	6.788,908181	-13,07068014
6	Dermaga lama	1.518,98328	1.102,782	-27,39999087



Gambar 3. Perbandingan tutupan Pulau Pramuka tahun 2008 dan 2015.

Adapun penggunaan lahan Pulau Pramuka, ditunjukkan dengan gambar 4.



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan P. Pramuka 2008 dan 2015.

Tutupan jenis penggunaan lahan diperoleh dari hasil digitasi *google earth* tahun 2008 dan 2015. Citra *google earth* dikoreksi geometri kemudian dilakukan digitasi berdasarkan karakteristik dan atributnya pada citra (Sutanto 1986), untuk memudahkan proses interpretasi maka dapat menggunakan unsur interpretasi yaitu; 1. Rona : tingkat kecerahan relatif objek pada citra; 2. Warna: ujud yang tampak oleh mata dengan menggunakan spektrum sempit; 3. Bentuk: variabel kualitatif yang menggambarkan konfigurasi atau kerangka suatu objek; 4. Ukuran: atribut objek yang berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume sesuai skala citra; 5. Tekstur: frekuensi perubahan rona pada gambar objek; 6. Pola : susunan keruangan objek; 7. Situs: letak objek relatif terhadap objek lain di sekitarnya; 8. Asosiasi: keterkaitan antara objek yang satu dengan objek yang lain; 9. Bayangan. Aplikasi dari penginderaan jauh digunakan untuk klasifikasi Penggunaan Lahan dan Bentuklahan. Proses ini berlaku juga untuk digitasi citra di Pulau Tengah.

Jenis penggunaan lahan di Pulau Pramuka tidak mengalami perubahan dari tahun 2008 dan 2015, yang nampak terjadi perubahan adalah dimensi luasnya seperti tampak pada tabel 1. Dari hasil perhitungan

persen perubahan yang terjadi peningkatan di tahun 2015 antara lain mangrove vegetasi dan permukiman. Mangrove ditanam sejak tahun 2003 dengan sistem rumpon berjarak. Penanaman mangrove diawali dengan Gerakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan Nasional (Gerhan) tahun 2005-2006 oleh Ditjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosila Departemen Kehutanan

(<https://adhikusumaputra.wordpress.com/2007/07/11/mangrove-belajar-dari-kepulauan-seribu/>). Terjadi peningkatan vegetasi dari tahun 2008 dan 2015, hal ini disebabkan lahan di sekitar permukiman ditanami vegetasi sehingga tampak terdapat penambahan vegetasi. Jumlah permukiman meningkat di tahun 2015. Peningkatan kemungkinan dibangunnya *homestay* untuk menerima wisatawan domestik dan wisatawan manca negara. Peningkatan kunjungan wisatawan ke Pulau Pramuka terjadi sejak tahun 2011. Selain terjadi peningkatan dimensi terdapat juga penurunan luas pemanfaatan lahan di lahan terbuka, dermaga dan dermaga lama. Lahan terbuka terjadi penurunan karena lahan dimanfaatkan untuk hal lain dari hasil pengamatan lapangan sebagian untuk vegetasi dan permukiman. Jenis pemanfaatan dermaga tidak ada penambahan bangunan dermaga, pemerintah setempat merawat dermaga dengan penambahan fasilitas antara lain penerangan lampu, peningkatan keamanan dll. Dermaga lama sudah tidak digunakan, namun diperlukan jika tidak dapat menampung wisatawan di dermaga yang biasa digunakan.

Kondisi Pulau Tengah

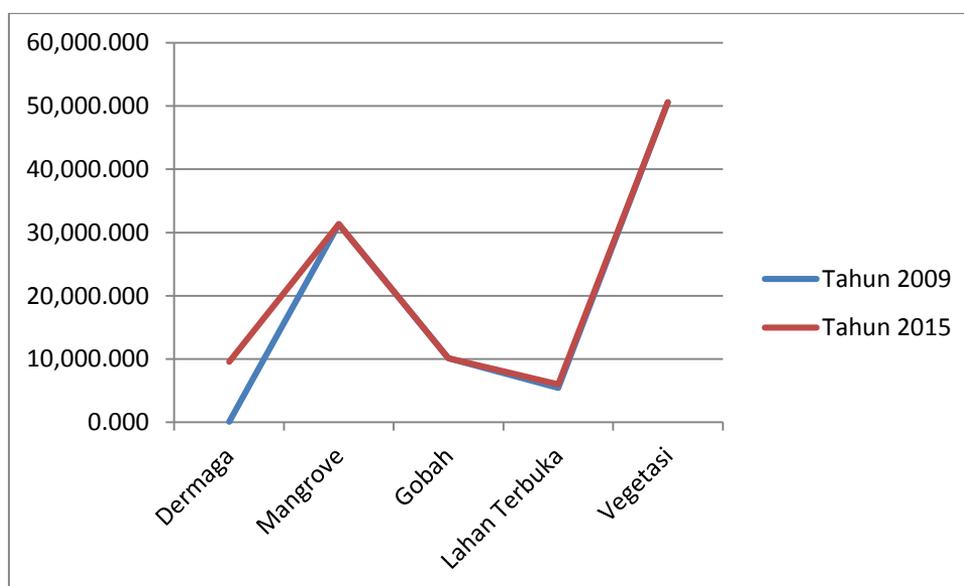
Berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 1986 tahun 2000 bahwa gugusan Pulau Pari terdiri dari tujuh pulau dengan peruntukan masing-masing yaitu Pulau Karang Kudus (pariwisata), Pulau Biawak (penghijauan), Pulau Tengah (rekreasi/penghijauan), Kongsu (rekreasi/pariwisata), Pulau Burung (rekreasi/pariwisata), Pulau Pari (perumahan), dan Pulau Tikus (penghijauan Laut) (Mulia, 2004). Dari uraian diatas Pulau Tengah diperuntukkan sebagai rekreasi dengan mempertahankan vegetasi yang ada.

Pulau Tengah memiliki luas 5,5954 ha dengan jenis penggunaan lahan di tahun 2009 dan 2015 sangat berbeda, tahun 2009 jenis pemanfaatan lahan antara lain: vegetasi, mangrove, lahan terbuka, gobah, dermaga dan bekas dermaga. Tahun 2015 jenis tutupan lahan lebih

bervariasi karena sejak tahun 2013 di Pulau Tengah dibangun resort, adapun tutupan lahan sebagai berikut: vegetasi, mangrove, lahan terbuka, gobah, dermaga, bekas dermaga, area dermaga, resort, jalan resort, gazebo dan helipad. Peta Penggunaan lahan dapat dilihat di Gambar 6 Peta Penggunaan Lahan, serta dimensi luas pada pada Tabel 2 dan Gambar 5, memperlihatkan besar perubahan pada jenis tutupan lahan yang sama di tahun 2009 dan 2015.

Tabel 2. Perbedaan dimensi luas dan persen perubahan P. Tengah

No	Keterangan	2009	2015	Perubahan (%)
1	Dermaga	66,447	9.534,684	14,249.325
2	Mangrove	31.313,214	31.313,21374	0
3	Gobah	10.101	10.101	0
4	Lahan terbuka	5.403,452652	5.977,9729	10,632
5	Vegetasi	50.600	50.600	0



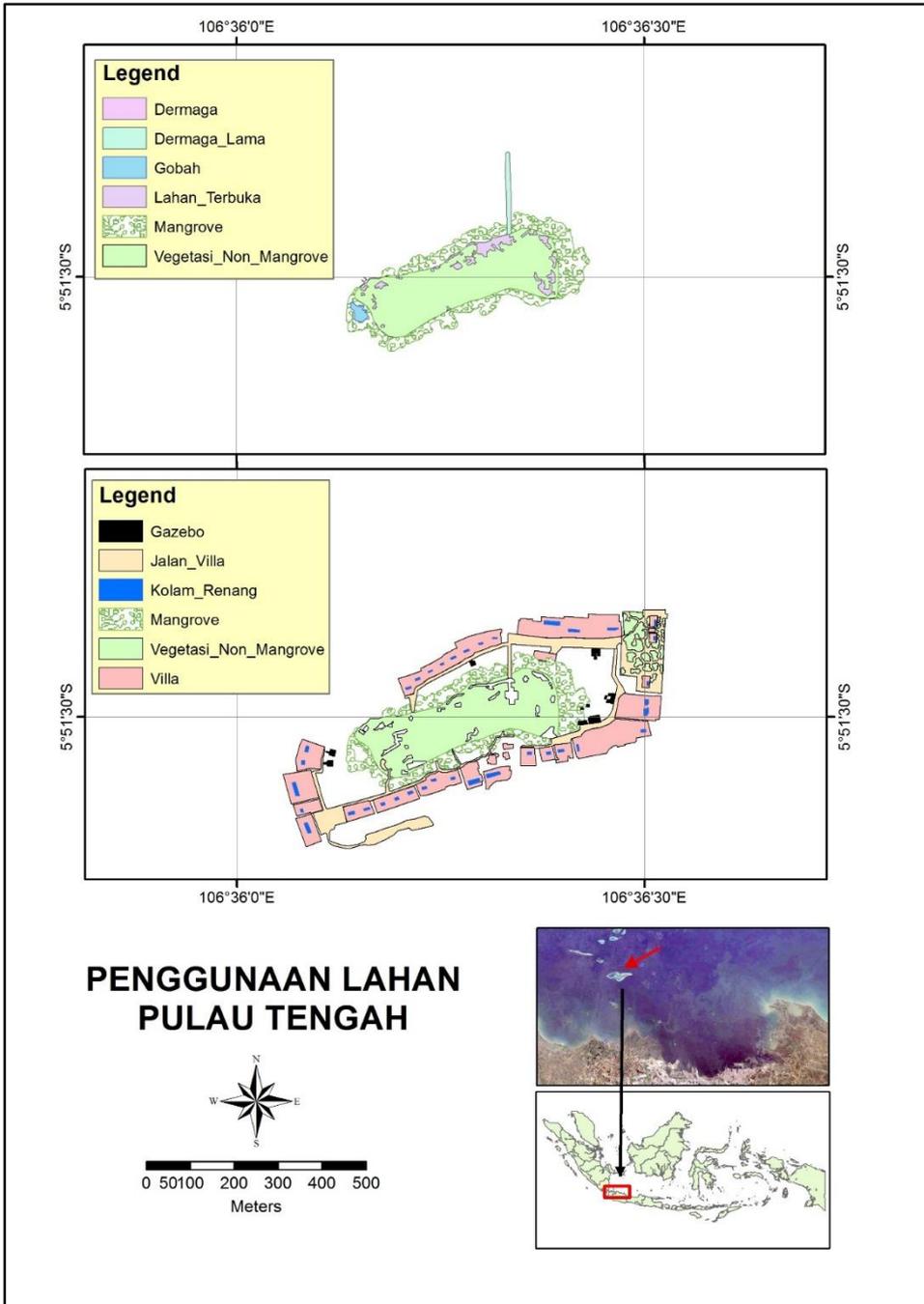
Gambar 5. Perbandingan tutupan P. Tengah tahun 2009 dan 2015

Tutupan jenis penggunaan lahan diperoleh dari hasil digitasi *google earth* tahun 2009 dan 2015 yang memiliki resolusi 15 meter. Pendigitasian citra di Pulau Tengah mengikuti prosedur seperti di Pulau Pramuka. Jenis penggunaan lahan di Pulau Tengah mengalami perubahan yang signifikan dari tahun 2009 dan 2015. Pada tahun 2009 tutupan lahan di Pulau Tengah masih kondisi alami tidak ada bangunan fisik, sebagian besar adalah

vegetasi dan di sekitar pesisir masih terdapat mangrove, namun pada tahun 2015 terjadi perubahan dimana tutupan lahan sudah terdapat bangunan resort beserta infrastrukturnya, perubahan terjadi sejak tahun 2013 (sumber: *google earth* 2013 gambar Gambar 7). Tahun 2013 pembangunan resort di Pulau Tengah sudah mulai dikerjakan terus berlanjut hingga 2015. Pembangunan villa dan jalur alur perairan kapal menuju lokasi lokasi mengganggu ekosistem terumbu karang.

Terjadinya perubahan tutupan lahan di Pulau Tengah yang signifikan di pesisir dibangun villa. Hal ini disebabkan karena Pulau Tengah yang berada dalam gugusan Pulau Pari yang memiliki gugusan *reef flat* yang cukup luas. Tiga ekosistem tropika lengkap yang dimiliki oleh gugusan Pulau Pari seperti mangrove, padang lamun, karang merupakan daya tarik wisata dari gugusan pulau ini di samping keanekaragaman sumber daya hayati, panorama alam dan keindahan bawah lautnya, sehingga menjadikan gugusan Pulau Pari tempat yang favorite untuk objek wisata pesisir dan bahari. Objek wisata pesisir dan bahari tersebar di gugusan Pulau Pari, khusus Pulau Tengah objek wisata yang menjadi favorite adalah wisata selam. Hasil inventarisasi terakhir yang dilakukan oleh Whouthuyzen *et al.* (2009) menunjukkan bahwa keragaman jenis karang mencapai 135 jenis di Pulau Pari. Total jumlah jenis karang batu yang ditemukan adalah 135 jenis dimana jumlah jenis pada sisi selatan timur lebih tinggi yaitu 121 jenis dibanding sisi utara barat yang sebanyak 97 jenis. Famili *Faviidae* mendominasi jumlah jenis yaitu mencapai 31 jenis diikuti oleh jenis-jenis dari Famili *Acroporidae* yaitu 30 jenis.

Adapun Peta Penggunaan Lahan Pulau Tengah tersaji pada gambar 6.



Gambar 6. Peta Penggunaan Lahan Pulau Tengah 2008 dan 2015



Gambar 7. P. Tengah tahun 2013

Dengan mengetahui keaneka ragaman hayati di sekitar gugusan Pulau Pari dan khususnya Pulau Tengah sehingga banyak tersedia fasilitas di Pulau Tengah yang memang peruntukannya untuk rekreasi. Fasilitas yang tersedia antar lain villa, jalan villa, gazebo, kolam renang di setiap villa dan helipad. Lengkapnya fasilitas di Pulau Tengah karena pulau tersebut sebagai pulau pribadi yang dimiliki oleh Hengky Setiawan sejak tahun 2012. Jumlah villa yang tersedia berjumlah 42 unit di setiap villa terdapat kolam renang (https://travel.detik.com/dtravelers_stories). Tabel 3 memperlihatkan luasan tutupan lahan.

Tabel 3. Luas tutupan lahan P. Tengah 2015

No	Penggunaan lahan	Luas (m ²)
1	Villa	65.991
2	Kolam renang	3.152
3	Jalan akses	32.294

Penutup

Kondisi Pulau Pramuka dari tahun 2008 hingga 2015 terjadi perubahan tutupan lahan yang signifikan terutama bertambahnya permukiman, hal ini disebabkan karena sebagai daerah tujuan wisata. Banyak muncul permukiman baru yang menjadi tempat penginapan untuk mendukung pariwisata setempat. Namun di sisi lain hutan mangrove meningkat karena banyak program penanaman mangrove sebagai wujud pemerintah pusat dan lokal dalam melindungi pantai terhadap abrasi.

Dengan perkembangannya hutan mangrove di Pulau Pramuka sehingga dapat dijadikan ekowisata hutan mangrove.

Pulau Tengah yang merupakan pulau pribadi, pembangunan villa dilakukan di luar pulau sehingga mengganggu ekosistem terumbu karang dan perairan di sekitar. Dampak yang ditimbulkan terjadi perubahan alur perairan akibat dari pengerukan di sekitar Pulau Tengah untuk alur kapal pesiar menuju pulau dan pembangunan villa di atas perairan. Untuk menjaga kelestarian ekosistem perairan perlu adanya kuota pembangunan villa di sekitar perairan Pulau Tengah agar keaneka ragaman terumbu karang dan ikan hias dapat terjaga. Ketersediaan air tawar di Pulau Tengah perlu diperhatikan karena setiap villa tersedia kolam renang dengan dimensi yang berbeda, jika pengambilan air tanah di pulau tersebut melebihi kapasitas akan terjadi penurunan pulau.

Daftar Pustaka

- Azkab, M.H. dan Hutomi, M. 1986. Sumber daya Kepulauan Seribu Dan Peranan Stasiun Penelitian Oseanologi Pulau Pari. Oseana, Volume XI, Nomor 2 : 72 – 86.
- <https://adhikusumaputra.wordpress.com/2007/07/11/mangrove-belajar-dari-kepulauan-seribu/> Belajar dari Kepulauan Seribu oleh R Adhi Kusumaputra dan Iwan Santosa dimuat di Kompas 8 juli 2007 [13 -07- 2017].
- Estradivari, Idris. dan Syahrir, M. 2009. Terumbu Karang Jakarta Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003-2007). Yayasan Terumbu Karang Indonesia Suku Dinas Kelautan dan Pertanian Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu.
- Hartati, S.T. dan Edrus, I.N. 2011. Struktur komunitas ikan dan kesehatan terumbu karang di beberapa wilayah perairan gugusan Pulau Pari Prosiding Seminar Nasional Ikan VI: 475-486. Diterbitkan oleh Masyarakat Iktiologi Indonesia 2011.
- Katalinga., Ekayani, G. dan Nuva, M. 2013. Analisis Ekonomi Dan Daya Dukung Pengembangan Ekowisata Pulau Pari Kepulauan Seribu, Jakarta. [S-1 IPB].
- Mulia, D. 2004. Alternatif pengembangan gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu sebagai objek ekowisata bahari di DKI Jakarta [skripsi-IPB].
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. 2011. Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tahun 2011.

- Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah RI No 55 Tahun 2001 Tentang Pembentukan Kabupaten Administrasi KepulauanSeribu Provinsi DKI Jakarta.
- Suman, Ali., Wudianto. dan Sumiono, B. 2011. Sumber Daya Ikan di Perairan Teluk Jakarta dan Alternatif Pengelolaannya.
- Sutanto, 1986. Penginderaan Jauh Jilid 1 dan 2. Gadjah Mada University Press.
- Whouthuyzen, S., Hindarti, D., Yulianto, K., Hermanto, B., Abrar, M., Mira S., Triyono., Pratiwi, R.S., Novianty, H. dan Rosmawati, A. 2009. Evaluasi status ekosistem dan sumber daya hayati laut di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu [laporan akhir]. Jakarta (ID) : UPT loka Pengembangan Kompetensi Sumber daya Manusia Oseanografi, Pulau Pari LIPI.

Status Dan Dinamika Ekosistem Lamun Kepulauan Seribu

Agustin Rustam dan Yusmiana Puspitaningsih Rahayu

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan
dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Lamun merupakan satu satunya tanaman sejati yang hidup di laut. Tanaman ini memiliki beberapa kemampuan adaptasi diantaranya toleransi terhadap salinitas yang tinggi dan kemampuan untuk menancapkan akar di substrat sebagai jangkar. Lamun memiliki sekitar 60 spesies yang tersebar di daerah tropis dan subtropis (Olive *et al.*, 2007; De Boer., 2007; Short *et al.*, 2007). Di Asia Tenggara terdapat 16 spesies lamun, sedangkan Indonesia memiliki keanekaragaman jenis lamun sebanyak 15 spesies yang berasal dari 7 genus. Spesies yang terbaru diidentifikasi pada tahun 2007 merupakan spesies endemik *Halophila sulawesii* (Kuo, 2007; Kiswara, 2009). Peranan ekosistem lamun diantaranya adalah sebagai tempat perlindungan dan tempat mencari makanan yang ditandai dengan tingginya produktivitas yang dihasilkan seperti epifit, invertebrata, makrozoobentos, dan berbagai jenis ikan (Vonk *et al.*, 2010).

Secara geografis, wilayah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu terletak memanjang dari Teluk Jakarta sampai dengan batas paling utara yaitu Pulau Sebira. Total jarak pulau terluar dari garis pantai Jakarta sejauh 100 mil laut. Kabupaten ini memiliki total luas keseluruhan hampir 11 kali luas daratan Jakarta, dengan jumlah pulau mencapai 110 buah. Salah satu kekayaan ekosistem yang ditemukan di Kepulauan seribu ialah ekosistem lamun. Dari data PEMDA DKI Jakarta tahun 1994, ekosistem lamun dapat ditemukan hampir di seluruh pulau (94 pulau) dengan luas total lamun 16.036,78 ha.

Selain itu, secara administratif Kepulauan Seribu merupakan bagian dari Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta yang terletak di depan Teluk Jakarta. Secara hidrologi, Teluk Jakarta menjadi muara dari 16 sungai besar seperti Sungai Ciliwung dan Sungai Citarum yang membawa limbah dari daratan (Ladwig *et al.*, 2016). Limbah yang terkumulasi di muara

sungai dapat terangkut dan tersebar jauh oleh arus laut sehingga mengancam ekosistem yang berada di Kepulauan seribu.

Keberadaan limbah dengan konsentrasi yang tinggi dapat mengurangi kualitas perairan dan berdampak kondisi ekosistem pesisir yang salah satunya adalah ekosistem lamun. Dengan adanya ancaman limbah yang berasal dari Teluk Jakarta, akan menjadi sebuah pertanyaan yang menarik bagaimanakah kondisi lamun yang berada di Kepulauan seribu saat ini. Di dalam artikel ini akan memberikan informasi dari hasil penelitian yang telah dilakukan tentang bagaimana kondisi lingkungan perairan, status dan dinamika ekosistem lamun yang ada di Kepulauan Seribu.

Status Ekosistem Lamun

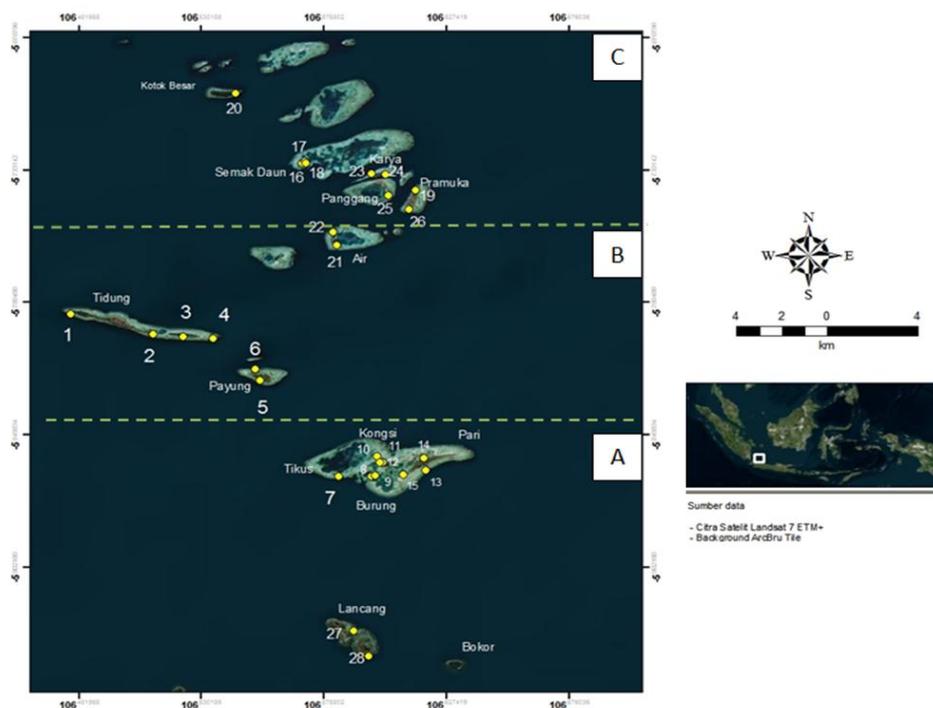
Secara ilmiah, perlu dilakukan pengukuran untuk mendapatkan status terkini ekosistem lamun. Salah satu pengukuran yang dapat dilakukan untuk menganalisis status suatu ekosistem pesisir ialah metode transek. Pada metode transek, parameter yang diamati adalah persentase penutupan lamun baik total maupun jenis lamun (Mc Kenzie *et al.*, 2003). Selain itu diperlukan juga analisis struktur komunitas lamun untuk mengetahui kondisi eksisting ekosistem lamun. Tahapan analisis yang dilakukan adalah :

1. Menghitung komposisi jenis lamun
2. Menghitung frekuensi jenis dan frekuensi relatif
3. Menghitung kerapatan jenis dan kerapatan relatif
4. Menghitung penutupan jenis dan penutupan relatif

Untuk menduga keseluruhan dari peranan suatu jenis lamun dilakukan perhitungan indeks nilai penting (Brower *et al.*, 1990; English *et al.*, 1997; Fachrul, 2007). Analisis kemudian dilanjutkan dengan menetapkan kriteria baku kerusakan dan status ekosistem lamun berdasarkan peraturan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KMNLH) No. 200 tahun 2004. Hasil kriteria yang telah ditetapkan akan dibandingkan dengan penelitian yang terdahulu menggunakan data sekunder.

Penelitian ini melakukan pengamatan yang tersebar di 28 titik pada 15 pulau. Keseluruhan pulau tersebar mulai dari Pulau Lancang sampai sampai pada zona penyangga bagian dari kawasan Taman Nasional

Kepulauan Seribu (Pulau Semak Daun, Pulau Kotok Besar) (Gambar 1). Dari 15 pulau lokasi penelitian di Kepulauan Seribu dibagi atas tiga zona yaitu zona A yang masih dipengaruhi daratan Jakarta (Pulau Lancang Besar, Pulau Lancang Kecil, Pulau Tikus, Pulau Burung, Pulau Kongsi dan Pulau Pari), zona B atau zona tengah merupakan zona antara zona A dan zona C yang sudah berkurang pengaruh dari daratan (Pulau Payung, Pulau Tidung Besar, Pulau Tidung Kecil dan Pulau Air) serta zona C yang tidak dipengaruhi daratan Jakarta yang juga merupakan Kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu sebagai zona penyangga (Pulau Pramuka, Pulau Panggang, Pulau Semak Daun, Pulau Kotok Besar dan Pulau Karya).



Gambar 1. Lokasi penelitian tahun 2014.

Kondisi Lingkungan Perairan di Ekosistem Lamun Tahun 2014

Hasil pengukuran kondisi lingkungan perairan pada tahun 2014 pada ekosistem lamun di Kepulauan Seribu ditemukan bahwa lingkungan perairan masih dalam kondisi baik. Hal ini mengacu kepada baku mutu KMN LH no 51 tahun 2004 untuk kehidupan biota laut khususnya lamun (Tabel 1). Walaupun nilai salinitas rata-rata hasil pengukuran lebih rendah dari nilai baku mutu, namun lamun dapat mentolerir kisaran salinitas

antara 10 - 40 PSU dengan salinitas optimum 35 PSU (Dahuri, 2003). Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kelimpahan dan sebaran lamun terutama di daerah pesisir dan estuari. Salinitas juga berpengaruh pada pertumbuhan bibit lamun (Marín-Guirao *et al.*, 2011, Fernández-Torquemada & Sánchez-Lizaso, 2013). Rendahnya nilai salinitas di Kepulauan Seribu dapat disebabkan oleh masukan air tawar dari 16 sungai yang bermuara di Teluk Jakarta (Ladwig *et al.*, 2016).

Tabel 1 Kualitas perairan yang terukur di ekosistem lamun Kepulauan Seribu, tahun 2014

Parameter	Min	Maks	Rata-rata±SD	NAB*
pH	7,23	8,467	8,211 ± 0,363	7 – 8,5
Turbidity (NTU)	0	7,633	1,170 ± 2,033	< 5
Temperatur (°C)	28,6	32,5	29,74 ± 0,955	28 - 30
Salinitas (PSU)	28,57	30,267	29,69 ± 0,441	33 - 34
Ammonia (mg/L)	0,062	0,306	0,11 ± 0,056	0,3
Nitrat (mg/L)	0,004	0,073	0,029 ± 0,017	0,008
Orto Fosfat + (mg/L)	0,002	0,003	0,002 ± 0,0005	0,015
Silikat (mg/L)	0,293	1,241	0,427 ± 0,206	

)* NAB: Nilai ambang batas, berdasarkan baku mutu KMNLH 51/2004

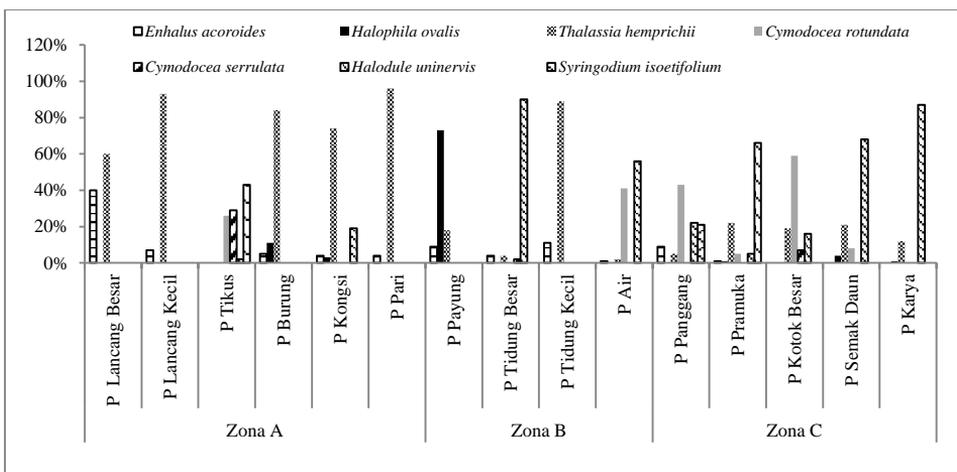
Status Ekosistem Lamun Kepulauan Seribu Tahun 2014

Hasil pengukuran transek lamun di Kepulauan Seribu didapatkan tujuh spesies lamun yang terdiri dari dua famili yaitu :

1. *Hydrocharitaceae*
2. *Cymodoceaceae*.

Famili *Hydrocharitaceae* memiliki tiga spesies yaitu *Enhalus acoroides* (Ea), *Thalassia hemprichii*(Th) dan *Halophila ovalis*(Ho). Sedangkan famili dari *Cymodoceaceae* memiliki empat spesies yaitu *Cymodocea serrulata*(Cs), *Cymodocea rotundata*(Cr), *Halodule uninervis*(Hu) dan *Syringodium isoetifolium*(Si).

Komposisi lamun yang ditemukan di Kepulauan Seribu dari 15 pulau yang diamati memperlihatkan adanya dominansi *Thalassia hemprichii* yang dihitung berdasarkan jumlah individu di lokasi penelitian (Gambar 2).



Gambar 2. Komposisi lamun per pulau, Kepulauan Seribu 2014.

Persentase tutupan total lamun di perairan Kepulauan Seribu selama penelitian berkisar antara 3 - 100 %. Persentase total tutupan lamun di lima belas pulau pada penelitian di Kepulauan Seribu dapat dilihat pada Tabel 2.

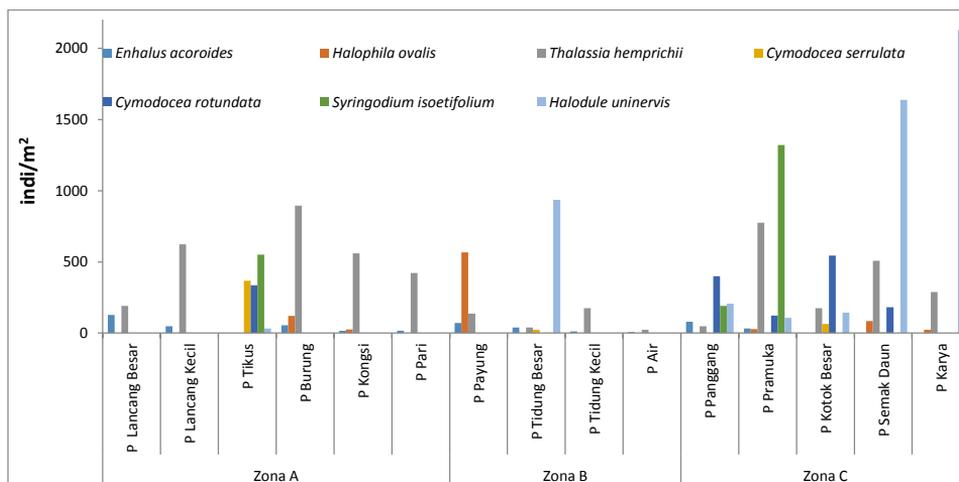
Tabel 2. Prosentase total tutupan lamun dan jenis yang ditemukan di Kepulauan Seribu

	Stasiun	Substrat	Kisaran tutupan total (%)	Rata-rata tutupan total (%)	Jenis lamun
Zona A	P Lancang Besar	Pasir, karang	10- 30	21,67	Th, Ea
	P Lancang Kecil	Pasir, karang	5 - 80	37,5	Ea, Th, Ho, Cr
	P Tikus	Pasir, <i>rubble</i>	25 - 100	55,83	Ea, Hu, Cr, Si, Cs
	P Kongsi	Pasir, <i>rubble</i>	3 - 60	19,06	Cr, Ea, Ho, Hu, Th
	P Burung	Pasir	0 - 60	22,58	Ea, Ho dan Th
	P Pari	Pasir, <i>rubble</i> , karang	0 - 50	18,56	Ea, Cs dan Th
Zona B	P Payung	Pasir, karang	10 - 80	36	Ea, Ho, Cs dan Cr
	P Tidung Besar	Pasir, karang	5 - 100	42,17	Ea, Ho, Cs, Hu dan Cr
	P Tidung Kecil	Pasir, karang	0 - 30	7,17	Ea, Ho, Cs dan Th
	P Air	Pasir, karang	7 - 90	42,58	Ea, Ho, Cr dan Th
	P Panggang	Pasir	20 - 65	44,16	Ea, Ho, Cs, Hu, Si, Th, Cr
Zona C	P Pramuka	Pasir	5 - 95	49,67	Ea, Ho, Cs, Hu, Th, Cr
	P Kotok Besar	Pasir, karang	5 - 58	17,17	Cs, Hu, Cr dan Th
	P Semak Daun	Pasir, <i>rubble</i>	5 - 95	43,61	Ho, Hu, Si dan Th
	P Karya	Pasir, karang	6 - 90	42,83	Ho, Cs, Hu, Th dan Cr

Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata prosentase tutupan total pada lokasi penelitian berkisar antara 7,17 - 55,83 %. Penutupan tertinggi terdapat di Pulau Tikus, yang merupakan bagian dari Gugusan Pulau Pari yang termasuk dalam zona A yang diasumsikan masih mendapat pengaruh dari daratan. Rata-rata prosentase tutupan terendah ditemukan pada Pulau Tidung Kecil yang termasuk dalam zona B.

Kerapatan rata-rata jenis lamun di lokasi penelitian menunjukkan bahwa zona C memiliki kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan zona A dan zona B (Gambar 3). Kisaran kerapatan lamun yaitu sebesar 16 - 2.736 ind/m². Lamun jenis Hu terlihat memiliki kerapatan paling tinggi yaitu 2.736 individu/m² di Pulau Semak Daun. Kerapatan paling rendah adalah Ea di Pulau Air sebesar 16 ind/m². Lamun jenis Th terlihat ada pada hampir semua stasiun pengamatan, hal ini memperjelas bahwa komposisi jenis

lamun Th merupakan yang tertinggi, sedangkan untuk kerapatan Th menempati posisi yang kedua dimana kerapatan tertinggi adalah dari jenis Hu.



Gambar 3. Kerapatan jenis lamun di Kepulauan Seribu 2014.

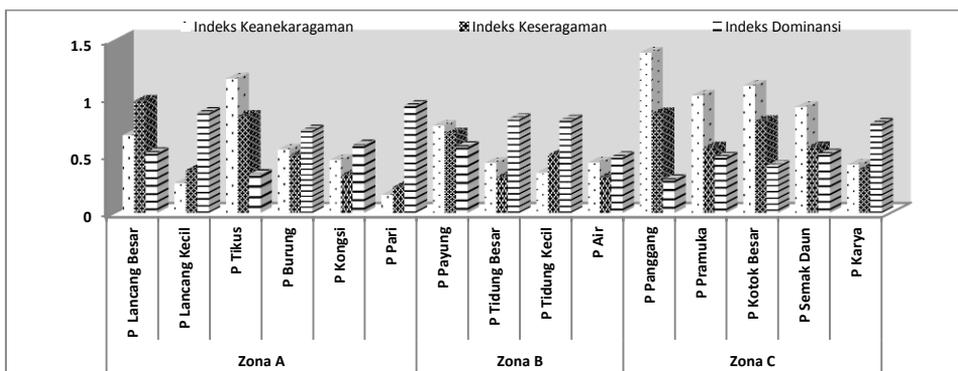
Berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) jenis lamun yang ditemukan di Kepulauan Seribu terlihat bahwa nilai indeks penting dari 15 pulau umumnya pada lamun jenis Th sebanyak 6 pulau dan jenis Hu sebanyak 4 pulau (Tabel 3). Nilai INP perpulau tertinggi pada lamun jenis Th sebesar 220 % di P Kongsi, terendah jenis Cr 69 % di P. Panggang. Tingginya nilai INP pada lamun jenis Th dan keberadaannya yang tersebar di 6 pulau menunjukkan bahwa lamun jenis ini merupakan lamun yang keberadaannya di Kepulauan Seribu menjadi penting. Hal ini ditunjukkan dengan keberadaan Th hampir ditemukan di seluruh lokasi pengamatan, dengan penutupan yang besar dibandingkan tujuh jenis lamun lainnya yang ditemukan di Kepulauan Seribu.

Penilaian struktur komunitas lamun lainnya adalah indeks keanekaragaman, indeks keseragaman dan indeks dominansi. Nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat di Pulau Panggang yang merupakan lokasi ditemukan jenis lamun terbanyak (7 spesies) sedangkan nilai terendah di Pulau Pari (Gambar 4). Indeks keseragaman dan indeks dominansi tertinggi adalah Pulau Lancang Besar dan Pulau Pari, yang mengindikasikan terbentuknya padang lamun *monospecies* di Pulau Lancang Besar, sedangkan di Pulau Pari nilai dominansi tinggi maka

terlihat adanya suatu dominan spesies tertentu dengan diikuti nilai keseragaman yang rendah.

Tabel 3. Indeks Nilai penting (INP) lamun di Kepulauan Seribu tahun 2014

	Pulau	Lamun	Jenis yang ditemukan	FR	KR	Ci	PR	INP
Zona A	PLB	Ea	Ea dan Th	63%	40%	14%	65%	168%
	PLK	Th	Ea, Th, Ho	42%	93%	24%	64%	199%
	PT	Cr	Ea, Cr, Cs, Hu, Si	32%	26%	16%	29%	86%
	PB	Th	Ea, Ho, Th	36%	84%	15%	68%	187%
	PK	Th	Ea, Ho, Hu, Th	67%	74%	15%	79%	220%
	PP	Th	Cs, Ea,Th	47%	96%	11%	51%	194%
Zona B	PPYG	Ho	Ea, Ho, Th, Cr, Cs	20%	73%	6%	15%	108%
	PTB	Hu	Ea, Ho, Th, Cr,Cs,Hu	12%	90%	0%	0%	102%
	PTK	Th	Cs, Ea, Ho, Th	17%	89%	3%	43%	149%
	PA	Hu	Ea, Cr, Hu, Th	27%	56%	18%	41%	124%
Zona C	PPG	Cr	Ea,Ho,Cr,Th,Cs,Hu,Si	18%	43%	4%	8%	69%
		Si	Cr,Cs,Ea,Ho,Hu,Si,Th	3%	66%	9%	21%	89%
	PPR	Th	Cr,Cs,Ea,Ho,Hu,Si,Th	32%	22%	16%	35%	89%
	PKB	Cr	Cr,Cs,Hu,Th	30%	59%	6%	37%	125%
	PSD	Hu	Cr,Cs,Ho,Hu,Si,Th	26%	68%	30%	68%	162%
	PKY	Hu	Cr,Cs,Ho,Hu,Th	39%	0,87	34%	78%	205%



Gambar 4. Nilai indeks keaneekaragaman, keseragaman dan dominansi setiap pulau yang diteliti.

Status kondisi ekosistem/padang lamun kemudian dinilai berdasarkan KMN LH No. 200 tahun 2004. Hasil penilaian menunjukkan bahwa baik zona A, B maupun C tidak ada kondisi ekosistem lamun yang baik, semua dalam kondisi rusak dengan kondisi rusak dan miskin terbesar di zona A yang paling dekat dengan daratan Jakarta (Tabel 4).

Tabel 4. Status kondisi padang lamun di Kepulauan Seribu, berdasarkan KMNLH No. 200 tahun 2004

	Stasiun	Penutupan (%)	Kondisi	
Zona A	P Lancang Besar	21,67	Rusak	Miskin
	P Lancang Kecil	37,5	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Tikus	55,83	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Burung	22,583	Rusak	Miskin
	P Kongsi	19,06	Rusak	Miskin
	P Pari	18,56	Rusak	Miskin
Zona B	P Payung	36	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Tidung Besar	39,25	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Tidung Kecil	7,167	Rusak	Miskin
	P Air	42,583	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
Zona C	P Panggang	44,167	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Pramuka	49,67	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Kotok Besar	17,167	Rusak	Miskin
	P Semak Daun	43,61	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat
	P Karya	42,83	Rusak	Kurang kaya/kurang sehat

Berdasarkan zona yang dipakai untuk membagi 15 pulau yang diamati, terlihat besarnya pengaruh daratan terhadap kondisi ekosistem lamun dari jarak antar pulau dengan daratan Jakarta. Pada zona A hampir 66,67 % ekosistem lamunnya dalam kondisi rusak dan miskin, sedangkan zona B dan zona C kondisi rusak dan miskin berturut-turut sebesar 25 % dan 20 %.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua kondisi ekosistem lamun berdasarkan KMNLH No. 200 tahun 2004 berada dalam kondisi rusak, namun terlihat dengan jelas bahwa daratan berpengaruh terhadap kerusakan ini. Hal ini dapat disebabkan antara lain oleh adanya pengayaan nutrien (*eutrofikasi*) yang berlangsung lama sehingga ekosistem lamun akan tergantikan dengan makro alga yang dimulai dengan berkurangnya cahaya akibat daun lamun tertutup epifit sehingga metabolisme dan pertumbuhan terganggu yang akhirnya lamun akan mati dan hilang (Burkholder *et al.*, 2007). Pengayaan nutrien ini dapat disebabkan oleh tingginya limbah organik yang berasal dari daratan yang masuk melalui 16 sungai besar yang bermuara ke perairan Kepulauan Seribu (Ladwig *et al.*, 2016).

Dinamika Ekosistem Lamun

Rusaknya atau menurunnya ekosistem lamun di Kepulauan Seribu selain disebabkan oleh *eutrofikasi* yang berasal dari limbah daratan juga dapat disebabkan oleh proses fisik yang terjadi di sekitar perairan, seperti pengerukan dan reklamasi yang dilakukan. Hal ini dapat dilihat pada dinamika ekosistem lamun di Pulau Pari akibat adanya pembangunan resort di Pulau Tengah. Dampak terhadap ekosistem lamun terlihat dari prosentaseutupan lamun di bagian barat Pulau Pari (pada site permanen) yang mengalami penurunan sebesar 59,43 % sejak bulan Agustus 2011 sampai dengan Juli 2012 (Rustam, 2014). Prosentase penutupan total rata-rata lamun pada bulan Agustus 2011 sebesar 13,29 %, bulan Mei 2012 menjadi 10,36 % dan Juli 2012 hanya 5,39 %. Prosentase penutupan total rata-rata lamun 5 tahun sebelumnya (tahun 2007) yaitu sebesar 30,75% yang berarti dalam kurun waktu 5 tahun terjadi penurunan sebesar 82,47% ekosistem lamun di Pulau Pari (Nasution, 2007). Kondisi ekosistem lamun ini kemudian mengalami peningkatan pada penelitian tahun 2014 menjadi 18,56 %. Peningkatan ini dapat terjadi diasumsikan karena kondisi perairan di sekitar ekosistem lamun di gugusan Pulau Pari sudah mulai stabil setelah pembangunan resort, namun belum kembali seperti pada kondisi tahun 2007.

Kesimpulan dan Saran

Lamun yang ditemukan di Kepulauan Seribu terdiri dari tujuh spesies yang berasal dari dua famili. Famili *Hydrocharitaceae* terdiri dari tiga jenis yaitu *Enhalus acoroides* (*Ea*), *Thalassia hemprichii* (*Th*) dan *Halophila ovalis* (*Ho*). Empat jenis dari famili *Cymodoceaceae* yaitu *Cymodocea serrulata* (*Cs*), *Cymodocea rotundata* (*Cr*), *Halodule uninervis* (*Hu*) dan *Syringodium isoetifolium* (*Si*).

Keberadaan lamun di lokasi penelitian berdasarkan KMNLH No. 200 Tahun 2004 sebagian dalam kondisi kurang baik atau kurang sehat. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi perairan yang kurang memungkinkan lamun untuk dapat tumbuh dengan baik dan subur serta meningkatnya aktifitas manusia yang merusak. Diperlukan regulasi dan aksi yang melindungi keberadaan lamun, seperti perlunya transplantasi, penanaman lamun dan peraturan yang mendukung lainnya. Salah satunya adalah pembentukan zonasi daerah perlindungan laut dengan area tertentu yang dikonservasi tidak boleh ada aktifitas, dapat dijadikan suatu regulasi

yang baik di daerah yang memiliki tiga atau salah satu dari ekosistem utama di pesisir, yaitu ekosistem terumbu karang, mangrove dan lamun.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan

DaftarPustaka

- Brower, J.E., J.H. Zar. dan Von Ende (1990). *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm.C. Brown Publisher. USA. 345 pp
- Burkholder, J.M., Tomasko, D.A. dan Touchette, B.W. (2007). Seagrasses and eutrophication, 350, 46-72. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.024>.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta. PT Gramedia
- English, S., C. Wilkinson. dan V. Baker (1994). *Survey Manual for Tripocal Marine Resources*. ASEAN-Australia Marine Scisence. Project: Living Coastal Resources. Townsville.
- Fachrul, F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. BumiAksaraPrees. Jakarta.
- Fernández-Torquemada, Y. dan Sánchez-Lizaso, J.L. (2013) Effects of salinity on seed germination and early seedling growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* doi: 10.1016/j.ecss.2012.12.013.
- Kiswara, W. (2009). *Potensi Padang Lamun sebagai Penyerap Karbon: Studi kasus di Pulau Pari, Teluk Jakarta*. Disampaikan dalam PIT ISOI VI 16-17 November 2009. Jakarta
- KMNLH. (2004) *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut*
- KMNLH. (2004) *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 200 tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun*
- Kuo, J. (2007). New monoecious seagrass of *Halophila sulawesii* (Hydrocharitaceae) from Indonesia. *Aquatic Botany* 87 . 171–175
- Ladwig, N., Hesse, K.J., van der Wulp, S.A., Damar, A. dan Kocha D. (2016). Pressure on oxygen levels of Jakarta Bay. *Marine Pollution Bulletin* 110: 665–674. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.017>

- Marín-Guirao, L.Sandoval-Gil J.L., Ruíz, J.M. dan Sánchez-Lizaso, J.L. (2011) Photosynthesis, growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* in response to simulated salinity increases in a laboratory mesocosm system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 286 – 296. doi:10.1016/j.ecss.2011.01.003
- McKenzie L., Campbell, S.J. dan Roder, C.A (2003). *Seagrasswatch: Manual for mapping & monitoring seagrass resources by community (citizen) volunteers* 2nd edition. The state of Queensland, Department of Primary Industries, CRC Reef. Queensland. pp 104
- Nasution, I.M. (2007). *Kondisi Padang Lamun di Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Propinsi DKI Jakarta*. Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia IV. Banyuasin: Balai Riset Perikanan Perairan Umum Departemen Kelautan dan Perikanan. ISBN: 978-979-1156-10-3.
- Olive I., Brun F.G., Vergara J.J. dan Perez Llorens J.L (2007) Effect of Light and Biomass Partitioning on Growth, Photosynthesis and Carbohydrat Content of The Seagrass *Zostera noltii* Hornem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Vol 345. 90 – 100. Doi 10.106/j.jembe 2007.02.008
- Pemda DKI. (2014) *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta*
- Rustam, A. (2014) *Kontribusi Lamun dalam Regulasi Karbon dan Stabilisasi Ekosistem*. Disertasi. IPB Bogor
- Short, F., Carruthers, T., Dennison, W. dan Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity : A bioregional model, 350, 3–20. <http://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.012>
- Vonk J.A., Christianen M.J.A. dan Stapel J. (2010) Abundance, edge effect, and seasonality of fauna in mixed-species seagrass meadows in southwest Sulawesi, Indonesia. *Marine Biology Research* Vol 6: 282_291

Glossary

Ci = Penutupan Jenis (Pi), yaitu luas area yang ditutupi oleh jenis lamun. Penutupan jenis lamun dapat dihitung menggunakan metode Saito and Atobe (English *et al.* 1997)

Cr = *Cymodocea rotundata* adalah salah satu jenis lamun yang tumbuh di daerah intertidal, memiliki ciri ujung daun halus dan akar tidak berambut

Cs = *Cymodocea serrulata* adalah salah satu jenis lamun yang tumbuh di daerah intertidal satu genus dengan Cr dengan ujung daun bergerigi

Ea = *Enhalus acoroides*, salah satu jenis lamun berukuran besar yang hidup di perairan tropis memiliki batang (rhizoma) yang ditumbuhi rambut-rambut padat dan kaku, panjang daun dapat mencapai 30 – 150 cm dengan lebar 1,25 – 1,75 cm, tumbuh di daerah berpasir, pasir lumpur dan karang.

Epifit adalah tumbuhan yang menumpang pada tumbuhan lain, tetapi tidak mengambil unsur baru secara langsung dari tumbuhan yang ditumpangnya itu

FR = perbandingan antara frekwensi jenis ke-i (F_i) dan jumlah frekwensi untuk seluruh jenis (Fachrul, 2007)

Ho = *Halophila ovalis* adalah jenis lamun pionir (perintis) yang berukuran kecil yang dapat tumbuh sampai kedalaman 25 m

Hu = *Halodule uninervis* adalah salah satu jenis lamun dengan ujung daun membentuk huruf W dan rhizoma (batang) berbuku – buku, dapat membentuk hamparan lamun spesies tunggal (monospesies)

INP = Indeks Nilai Penting (Brower *et al.*, 1990), digunakan untuk menghitung dan menduga keseluruhan dari peranan jenis lamun didalam suatu komunitas. Semakin tinggi nilai INP suatu jenis relatif terhadap jenis lainnya, semakin tinggi peranan jenis pada komunitas tersebut.

Invertebrata atau *Avertebrata* adalah binatang yang tidak bertulang punggung, di pesisir contohnya adalah kerang, keong, udang, sponge, bintang laut, teripang

KR = Kerapatan Relatif, yaitu perbandingan antara jumlah individu jenis dan jumlah total individu semua jenis (Fachrul 2007)

Makrozoobentos adalah hewan invertebrata yang dapat dilihat dengan mata telanjang dan hidup di dasar perairan baik merayap (epifauna) maupun menggali lubang atau di dalam substrat (infauna) contoh teripang, kerang, bintang laut

PLB = Pulau Lancang Besar

PLK = Pulau Lancang kecil

PT = Pulau Tikus

PK = Pulau Kongsi

PB = Pulau Burung

PP = Pulau Pari

PPYG= Pulau Payung
PTB = Pulau Tidung Besar
PTK = Pulau Tidung Kecil
PA = Pulau Air
PPG = Pulau Panggang
PPR = Pulau Pramuka
PKB = Pulau Kotok Besar
PSD = Pulau semak daun
PKY = Pulau Karya

PR = Penutupan Relatif, yaitu perbandingan antara penutupan individu jenis ke-i dan total penutupan seluruh jenis

Si= *Syringodium isoetifolium* adalah salah satu jenis lamun dengan bentuk daun silindris seperti jarum umumnya di jumpai di daerah subtidal dangkal

Taman nasional adalah kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi.

Th = *Thalassia hemprichii* adalah salah satu jenis lamun yang tersebar luas diseluruh perairan Indonesia dengan daun berlapis lignin dan rhizoma berbuku-buku dengan akar berserabut halus untuk mengikat substrat, membentuk padang lamun bersama lamun jenis lain atau membentuk padang lamun monospesies

Zona penyangga adalah wilayah yang mengelilingi atau berdampingan dengan area inti dan teridentifikasi, untuk melindungi area inti dari dampak negatif kegiatan manusia. Dimana hanya kegiatan-kegiatan yang sesuai dengan tujuan konservasi yang dapat dilakukan.

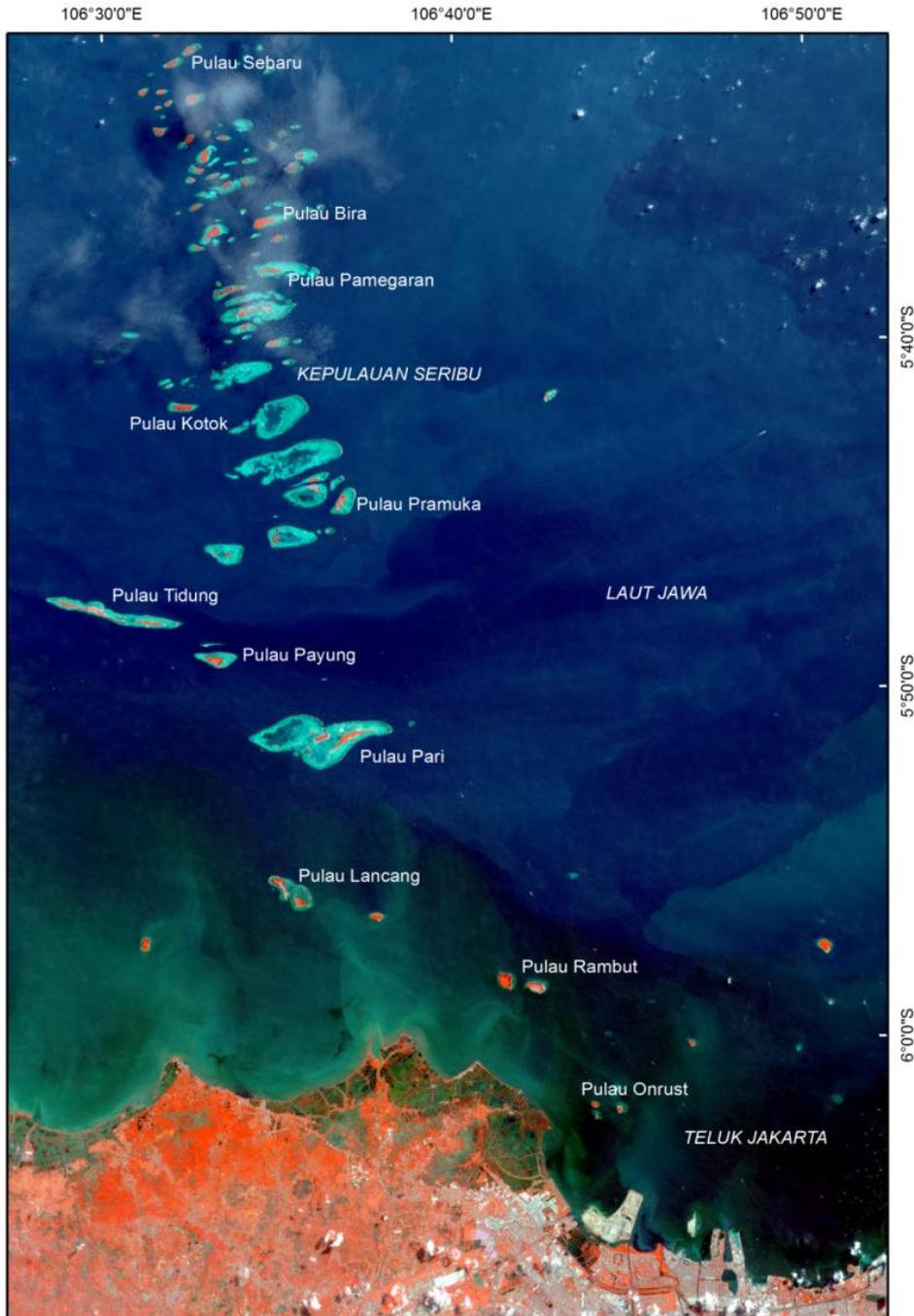
Geomorfologi Terumbu Karang Kepulauan Seribu

Tubagus Solihuddin

Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber daya Manusia Kelautan
dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur-Jakarta Utara

Pendahuluan

Kepulauan Seribu merupakan suatu gugusan pulau yang terletak di Laut Jawa sekitar 20 mil barat laut Kota Jakarta. Gugusan pulau tersebut membentang dari barat laut ke tenggara sejauh 80 km dan dari timur ke barat sekitar 30 km (Gambar 1). Walaupun bernama Kepulauan Seribu yang dapat diartikan juga seribu pulau, nyatanya hanya terdapat sekitar 343 gugusan terumbu karang dan 110 diantaranya adalah pulau pasir (*sand cays*) yang ditumbuhi tumbuhan (Ongkosongo, 1989). Luas rata-rata pulau tersebut kurang dari 10 hektar dan ketinggiannya tidak lebih dari 3 m di atas rata-rata muka air laut. Kepulauan Seribu kini telah dikembangkan dan dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan seperti pariwisata bahari, eksplorasi minyak lepas pantai, lokasi pemancingan dan penangkapan ikan serta penggalian pasir untuk bahan bangunan.



Gambar 1. Peta lokasi Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu berdasarkan komposit warna RGB 532 citra Landsat 8 tanggal 17 Agustus 2016.

Penelitian ilmiah telah banyak dilakukan di Kepulauan Seribu dan salahsatu yang cukup terpadu adalah kegiatan penelitian *ASEAN-Australian Living Coastal Resources* yang dimulai pada awal tahun 1980 an. Bagian dari penelitian tersebut menghasilkan penemuan komprehensif pertama tentang organisme laut di Kepulauan Seribu termasuk penemuan spesies baru. Sebagai contoh, penemuan koral keras (*scleractinian corals*) yang tercatat di Kepulauan Seribu berkembang mulai dari 41 genus dengan 96 spesies (Umbgrove, 1939) menjadi 62 genus dengan 193 spesies (Moll & Suharsono, 1986). Oleh karena itu, di samping jaraknya yang dekat dengan Kota Jakarta, deskripsi mengenai sistem terumbu karang dan upaya konservasi Kepulauan Seribu beserta nilai edukasi yang dihasilkannya sangat penting untuk dilakukan.

Geologi dan Oseanografi Regional

Gugusan pulau di Kepulauan Seribu terdiri dari pulau terumbu (*coral cays*) dan busut terumbu (*reef knoll*). Gugusan pulau tersebut merupakan bagian dari paparan mikro Sundaland yang terletak diantara dua lempeng subduksi utama yaitu samudra Hindia/Australia di bagian selatan dan lempeng Pasifik di sebelah timur. Dampak dari tatanan tektonik dan fragmentasi tepian lempeng yang berasosiasi dengan proses vulkanisme berperan sangat penting dalam pembentukan gugusan pulau-pulau yang sekarang banyak kita jumpai di Kepulauan Indonesia.

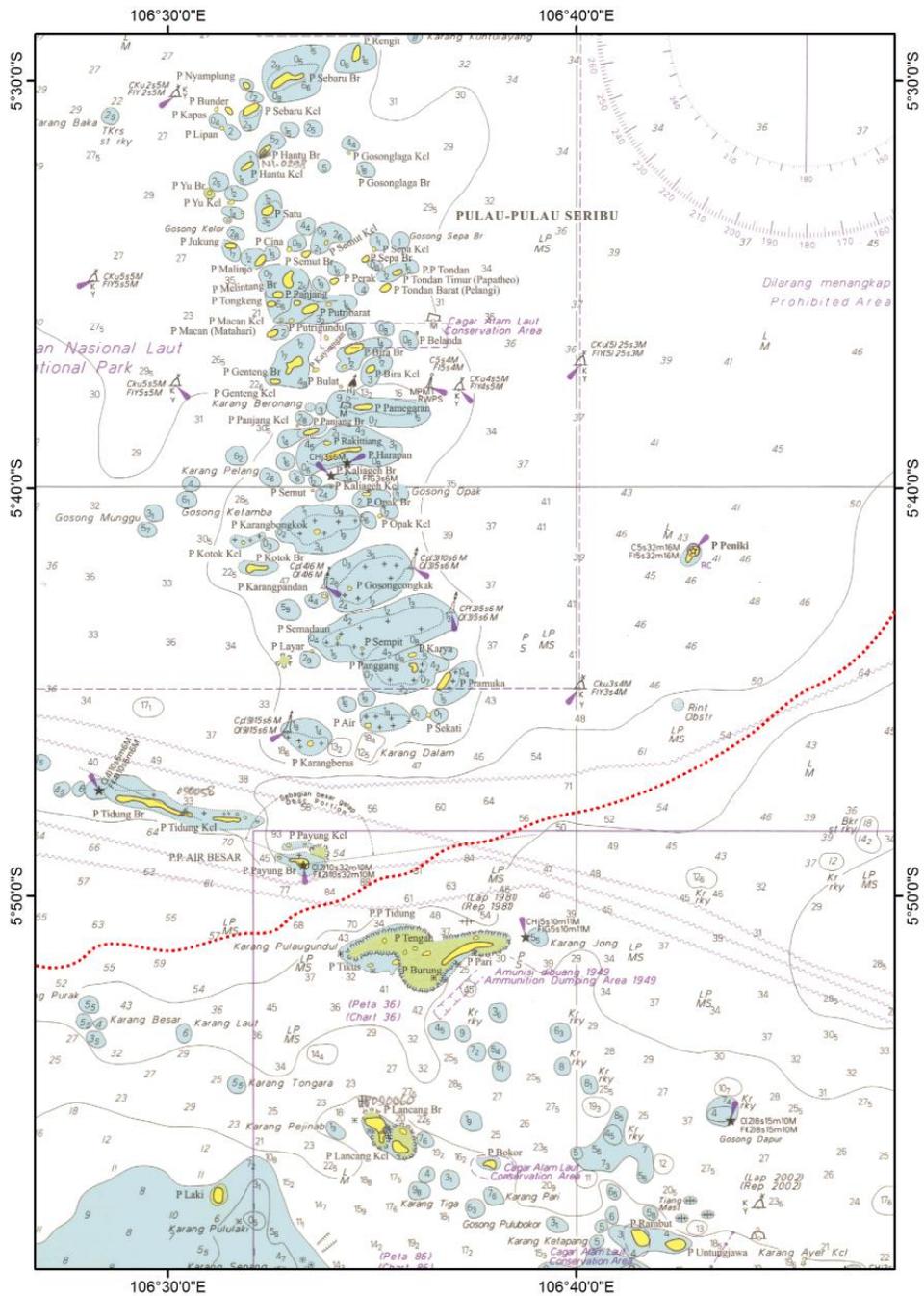
Secara geologi, Kepulauan Seribu terletak di dataran tinggi purba Paparan Sunda (*Sunda Shelf*) yang membentang dari utara hingga selatan dan diduga merupakan bagian atas dari blok patahan yang tererosi (Jordan *et al.*, 1993). Kenampakan topografi Kepulauan Seribu yang menyerupai pematang (*ridges*) diinterpretasi sebagai cekungan busur belakang (*back-arch basin*) lempeng benua yang luas dan dangkal (Jordan *et al.*, 1993). Letaknya yang dikelilingi oleh daratan utama Kepulauan Indonesia seperti Pulau Jawa, Kalimantan dan Sumatra, Kepulauan Seribu berada di lingkungan yang relatif aman dan terlindungi dari badai dan gelombang laut tinggi. Bentuk morfologi pulau-pulaunya sangat dipengaruhi oleh arus dan gelombang yang dipicu oleh angin musim.

Pada saat musim barat (Desember hingga Maret), angin dari arah baratlaut menggerakkan masa air Laut Jawa menuju ke arah timur melintasi Kepulauan Seribu dengan kecepatan arus umumnya tidak lebih dari 40 cm/det. Sebaliknya, pada saat musim timur (April hingga November),

masa air dari arah timur didorong melintasi Kepulauan Seribu melewati beberapa kanal yang berarah relatif timur-barat dengan kecepatan arus melebihi 50 cm/det (Kastoro dan Birowo, 1977). Sistem angin musim dua arah tersebut merupakan faktor utama yang mempengaruhi bentuk orientasi pulau-pulau di Kepulauan Seribu yang relatif memanjang timur-barat dan struktur komunitas terumbu karang melalui kontrol sirkulasi air laut (Aswandy *et al.*, 1991; Soekarno, 1991; Amir, 1992; Manuputty, 1992; Suharsono, 1992, 1994).

Kehadiran 14 kanal yang memotong gugusan pulau di Kepulauan Seribu seperti kanal yang memisahkan Pulau Pari dengan gugusan pulau di bagian utara diinterpretasi sebagai dampak dari proses penyaluran (*funneling*) arus kuat dari timur ke barat pada kanal tersebut yang memiliki kedalaman hingga 88 m (Gambar 2). Kanal ini juga berfungsi sebagai penghalang hidrologi (*hidrology barrier*) yang membelokan aliran sedimen dari Pulau Jawa menjauhi gugusan pulau di bagian utara Kepulauan Seribu (Webb, 1992).

Jenis pasang surut air laut di Kepulauan Seribu adalah campuran condong semidiurnal (*mixed tides prevailing semidiurnal*) dengan dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari. Jangka pasang surutnya diklasifikasi sebagai jangka pasang surut kecil (< 2 m) jika dibandingkan dengan jangka pasang surut di bagian timur Indonesia yang mayoritas >2 m. Di Laut Jawa, pasang surut air laut umumnya tidak berperan signifikan dalam membangkitkan kecepatan arus. Walaupun demikian, arus pasang surut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap struktur komunitas terumbu karang, juga terhadap struktur dan fungsi komunitas bentik yang berasosiasi dengan terumbu karang.



Gambar 2. Peta batimetri Kepulauan Seribu berdasarkan peta hidrografi Dinas hidro-oseanografi TNI-AL tahun 2005. Garis merah putus-putus diinterpretasikan sebagai kanal yang memisahkan Pulau Pari dengan gugusan pulau di utara Kepulauan Seribu (Webb, 1992).

Geomorfologi Terumbu Karang

Pembagian zona geomorfologi terumbu karang di Kepulauan Seribu pertama kali disampaikan oleh Scrutton (1978) terdiri dari enam zona umum fisiografik (Gambar 3), diantaranya:

Pantai (*beach*). Pantai kebanyakan berasosiasi dengan pulau terumbu (*coral cays*) berukuran agak sempit sekitar 5-20 m dengan endapan pasir yang tebalnya bervariasi dari 1 hingga 2 m. Material pasir umumnya berbutir halus hingga sedang, terpilah baik, terdiri dari pecahan karang dan cangkang (Brown, 1991). Sedimen pantai pada pulau terumbu dapat berasal dari: 1) proses destruktif pertumbuhan aktif terumbu karang, atau 2) erosi dari pulau itu sendiri. Secara umum, sedimen di gugusan pulau Kepulauan Seribu berasal dari terumbu karang itu sendiri yang tererosi (Brown, 1991). Di beberapa pantai yang terlindung seperti di bagian selatan Kepulauan Seribu seringkali ditumbuhi mangrove dari spesies *Rhizophora stylosa*.

Rataan terumbu (*reef flat*). Rataan terumbu merupakan area yang terletak di antara puncak terumbu (*reef crest*) dan pantai, utamanya terdiri dari sedimen pecahan koral (*coral rubble*) dan cangkang. Rataan terumbu umumnya berada di zona intertidal (zona di antara pasang tertinggi dan surut terendah) dan terekspos selama surut rendah. Lebar rataan terumbu bervariasi dari <20 m hingga >100 m, bahkan banyak terumbu karang di bagian utara Kepulauan Seribu sama sekali tidak memiliki rataan terumbu. Beberapa gugus terumbu yang berukuran agak besar memiliki bentuk spesial pada tepian arah laut dari rataan terumbu disebut laguna rataan terumbu (*reef flat lagoon*) atau moat. Rataan terumbu yang berukuran lebar dapat memiliki beberapa sub-zonasi, diantaranya: 1) rataan terumbu dalam; 2) rataan terumbu tengah; dan 3) rataan terumbu luar. Rataan terumbu dalam biasanya dicirikan dengan endapan pasir yang sempit (20-70 m). Pada area dimana terdapat padang lamun, karakteristik endapan pasirnya lebih stabil jika dibandingkan dengan endapan pasir di luar area padang lamun. Ke arah laut dari rataan terumbu dalam adalah rataan terumbu tengah biasanya dijumpai padang lamun dari spesies *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis* dan *Halodule uninervis*. Spesies lamun yang paling sering dijumpai di Kepulauan Seribu adalah *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* (Azkab, 1991). Bergerak ke arah laut menuju tepian terumbu adalah rataan terumbu luar dicirikan dengan peningkatan secara

drastis tutupan karang hidup dengan flora dan faunanya. Suharsono (1992) menyatakan bahwa rata-rata terumbu sepanjang pantai utara Pulau Genteng Besar terekspos saat surut rendah dan didominasi oleh jenis koral masif dari spesies *Goniastrea retiformis* dan *Porites spp*, sedangkan spesies koral bercabang seperti *Montipora digitata*, *Porites Cylindrica*, *Porites Lutea*, dan *Porites nigrescens* sangat melimpah pada zona laguna rata-rata terumbu yang dangkal. Selain itu, mikroatol juga merupakan jenis koral yang umum ditemukan di zona rata-rata terumbu ke arah laut.

Puncak terumbu (*reef crest*). Mayoritas terumbu karang di Kepulauan Seribu menunjukkan pola memanjang timur-barat, mengindikasikan bahwa pertumbuhan aktif terumbu karang di sepanjang sisi timur dan barat. Hal tersebut didukung oleh pengamatan langsung bahwa tepian terumbu di bagian barat dan timur pulau memiliki lebar yang lebih luas dan merupakan zona pertumbuhan paling aktif. Lebar dan kedalaman puncak terumbu sangat bervariasi dan beberapa diantaranya terekspos pada saat surut rendah. Zona puncak terumbu umumnya didominasi oleh koral keras (*scleractinian corals*) yang pertumbuhannya cepat seperti koral jenis *Acroporid* yang bercabang dan berbentuk tabular. Pertumbuhan memanjang barat-timur ini sangat mirip dengan pertumbuhan terumbu karang di Selat Torres yang memisahkan Australia dengan Papua, dimana kecepatan arusnya sangat tinggi (Jones, 1995).

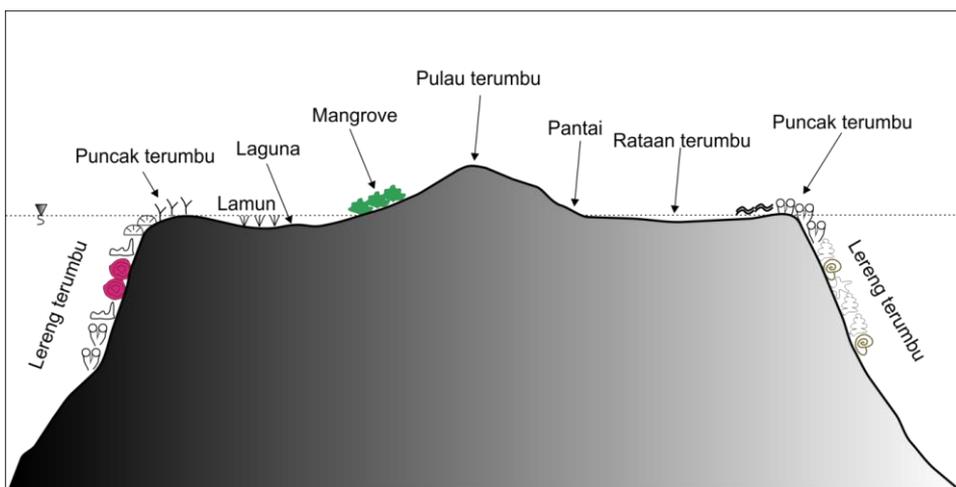
Lereng terumbu (*reef slope*). Lereng terumbu di Kepulauan Seribu memiliki sudut deklinasi yang relatif seragam. Walaupun demikian, beberapa lereng terumbu di bagian utara kompleks Kepulauan Seribu cenderung lebih vertikal. Sudut lereng biasanya 75 hingga 85 derajat pada 2-3 m bagian atas lereng terumbu hingga kedalaman sekitar 15-20 m. Berdasarkan studi Suharsono (1992) di Pulau Genteng Besar, keragaman koral dari puncak terumbu hingga kedalaman 10 m umumnya meningkat, setelah itu drastis berkurang. Tutupan koral pada kedalaman 20 m sedikit lebih rendah dibanding dengan di rata-rata terumbu. Brown *et al.* (1993) berdasarkan studinya di Pulau Pari menunjukkan kebalikannya dengan Pulau Genteng, di mana keragaman koral lebih tinggi di sisi bagian selatan yang lebih terlindungi daripada sisi bagian utara yang terekspos dengan energi gelombang tinggi. Untuk menjelaskan perbedaan ini, Suharsono (1992) mengacu kepada pendapat Connell (1978) yang menyatakan bahwa komposisi komunitas koral dan keberagamannya dikontrol oleh frekuensi

gangguan baik fisik (arus, gelombang) dan ekologi di lokasi yang berbeda. Sebagai contoh, karena lokasinya yang terbuka, lereng terumbu sebelah utara Pulau Pari kemungkinan besar dipengaruhi oleh gelombang energi tinggi jika dibandingkan dengan lereng utara Pulau Genteng Besar. Brown *et al.* (1983) mencatat 88 spesies koral *skleraktinian*; 74 spesies di bagian selatan yang lebih terlindungi dan 45 spesies di bagian utara yang terekspos dengan gelombang. Sebagai perbandingan, Suharsono (1992) menemukan 190 spesies di Pulau Genteng Besar. Nampaknya perbedaan keragaman dan struktur komunitas koral dari kedua gugusan terumbu tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh lokasi keduanya. Pulau Pari terletak hanya sekitar 18 km sebelah utara daratan utama Pulau Jawa yang cenderung dipengaruhi oleh perairan turbid Teluk Jakarta dan berada di sebelah selatan kanal penghalang hidrologi. Sebagai dampaknya, Pulau Pari sangat dipengaruhi oleh proses terrestrial. Suharsono (1994) juga membandingkan komunitas terumbu karang di Pulau Pari dengan Pulau Lancang, sekitar 8 km di selatannya atau sekitar 10 km dari daratan utama Pulau Jawa, dan menemukan perbedaan yang sangat signifikan di antara keduanya dimana di Pulau Lancang tidak ditemukan jenis koral *Acropora* dan spesies lainnya di bagian selatan lereng terumbu yang terlindungi. Suharsono (1994) menunjukkan bahwa rendahnya keragaman dan absennya *Acroporid* di Pulau Lancang dipengaruhi oleh proses terrestrial (sedimentasi, eutrofikasi, dll.).

Laguna (lagoon). Formasi laguna di Kepulauan Seribu tidak banyak menjadi perhatian. Berdasarkan kriteria ukuran, terdapat 2 tipe laguna yaitu kecil dan besar. Beberapa kompleks terumbu karang di bagian selatan yang berukuran besar seperti Pulau Pari memiliki laguna dan karenanya diklasifikasi sebagai laguna gugusan terumbu dengan pulau terumbu yang ditumbuhi vegetasi. Tipe terumbu seperti ini biasa disebut sebagai “*pseudoatolls*”, “hampir atoll” atau “atoll kecil”, utamanya karena kehadiran laguna di bagian tengahnya yang memberikan kesan morfologi terumbu berbentuk gelang dan bukan karena proses penurunan dasar laut (seabed subsidence) sebagai faktor penyebab utama. Sedimen di laguna utamanya adalah pasir pecahan koral dan cangkang berukuran sedang hingga lumpur pasiran dan berbutir lebih halus di bagian tengah laguna (Scrutton, 1978). Komposisi sedimen terdiri dari utamanya koral (30-60%) dan cangkang molluska (10-25%) (Scrutton, 1976). Organisme cangkang

terumbu lainnya seperti echinoid, kalkareous alga dan bentik foraminifera merupakan kontributor minor terhadap sedimen di laguna.

Kanal antar terumbu (*inter-reef channel*). Kanal antar terumbu bukan merupakan bagian dari struktur geomorfologi terumbu karang namun di Kepulauan Seribu memiliki bentuk fisiografi penting dimana sedimen tertransportasi melalui kanal ini di dalam kompleks gugusan pulau terumbu. Kanal dapat berukuran sempit (<200 m) dan biasanya memiliki kedalaman 20-40 m, akan tetapi di beberapa area dapat mencapai kedalaman 70 m seperti di Pulau Semauduan dan Pulau Gosongcongkak. Kanal yang dalam dapat diinterpretasikan sebagai sungai purba zaman Plistosen (2.500.000 - 12.000 Thn yl) yang memisahkan pulau utama dari Kepulauan Seribu.



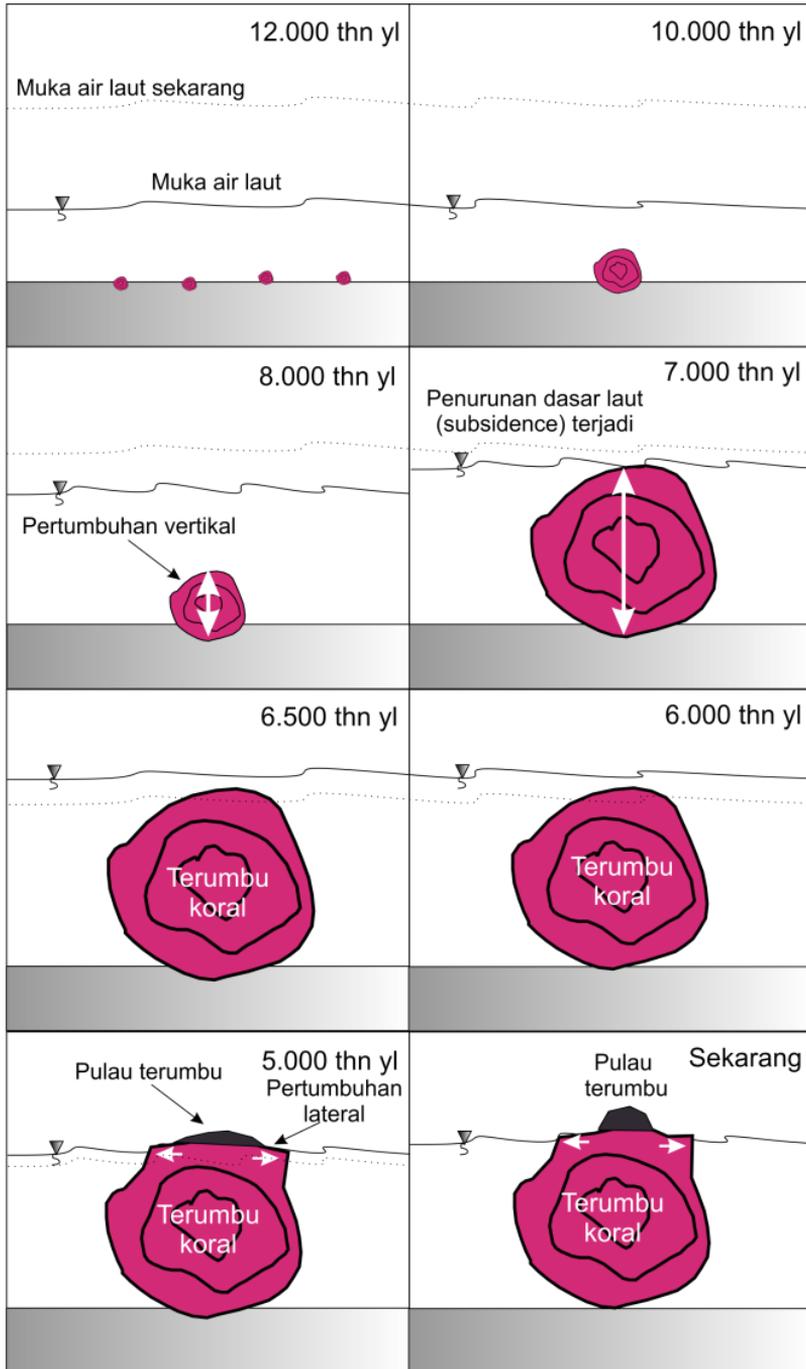
Gambar 3. Diagram karakteristik geomorfologi pulau terumbu di Kepulauan Seribu yang dimodifikasi dari Ongkosongo (1984).

Evolusi Pertumbuhan Terumbu Karang di Kepulauan Seribu

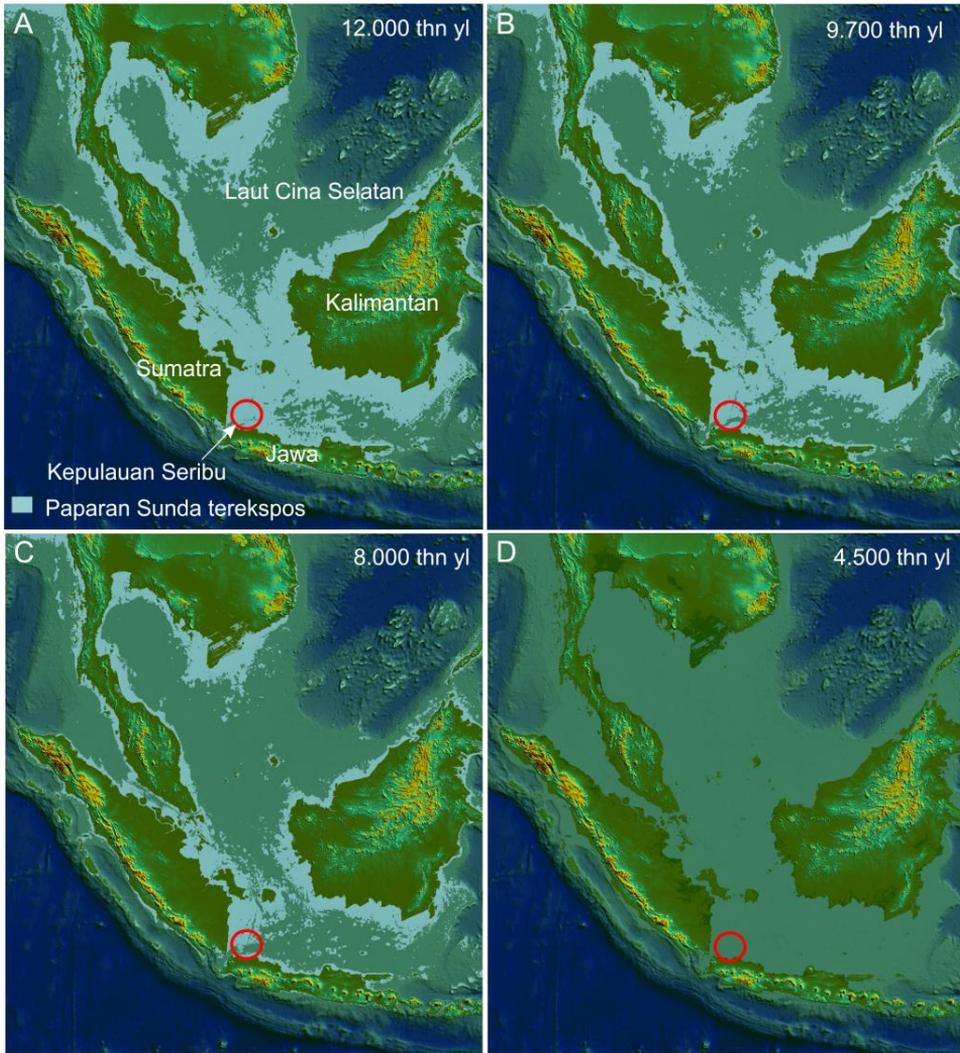
Penelitian ilmiah pertama yang menjelaskan teori evolusi pertumbuhan terumbu karang di Kepulauan Seribu dilakukan oleh Sluiter (1890) yang memberikan kontribusi sangat penting terhadap dasar pemahaman sistem terumbu karang dan sejarah pembentukannya. Penelitian berikutnya kemudian dilakukan oleh beberapa ilmuwan Belanda diantaranya adalah (Molengraaf, 1922, 1929; Verwey, 1931; Kuenen, 1933; Umbgrove, 1931, 1947) yang menyatakan bahwa gugusan pulau di Kepulauan Seribu berada pada tinggian topografi dengan batuan dasar berumur *Plistosen* dan dialasi oleh fragmen silisiklastik kasar sebagai

pondasi proses kolonisasi koral. Model evolusi gugusan pulau di Kepulauan Seribu kemudian direkonstruksi oleh Ongkosongo (1984) berdasarkan hasil penelitian tersebut dan termasuk dalam model adalah fluktuasi muka air laut dalam kurun waktu Holosen (12.000 Thn yl - sekarang) (Gambar 4). Model tersebut juga menjelaskan bahwa dasar dari terumbu karang berada di bawah level sedimen yang berada di laguna antar reef. Ongkosongo (1984) menjelaskan fenomena ini dengan mengaplikasikan konsep penurunan dasar laut (*seabed subsidence*) dari Scrutton (1976) yang disebabkan oleh menumpuknya masa yang lebih besar pada saat pertumbuhan vertikal.

Laut Jawa yang sekarang kita lihat merupakan produk dari proses transgresi (kenaikan muka air laut) di awal masa Holosen sekitar 12.000 Thn yl. Berdasarkan model penenggalaman Paparan Sunda oleh Solihuddin (2014) nampak bahwa gugusan pulau di Kepulauan Seribu masih terekspos atau masih merupakan daratan pada sekitar 9.700 thn yl (Gambar 5). Pada sekitar 8.000 thn yl, Laut Jawa mulai tersambung dengan Laut China Selatan, menandakan fase awal pertumbuhan terumbu karang di Kepulauan Seribu. Kenaikan muka air laut pada kala pasca glasial mencapai puncaknya dan stabil pada sekitar 4.500 thn yl. Hal tersebut didukung oleh beberapa umur fosil di teras terumbu yang ditemukan di sepanjang Selat Sunda dan sekitar Semenanjung Malaysia dengan penentuan umur karbon dari material koral.



Gambar 4. Model evolusi pembentukan pulau terumbu di Kepulauan Seribu yang dimodifikasi dari Ongkosongo (1984).



Gambar 5. Model penenggalaman Paparan Sunda yang dimodifikasi dari Solihuddin (2014) menunjukkan: A) Laut Jawa pada sekitar 12.000 thn yl masih merupakan daratan yang luas, B) Kepulauan Seribu pada sekitar 9.700 thn yl sebagian besar masih merupakan daratan, C) Laut Jawa pada sekitar 8.000 thn yl sudah mulai tersambung dengan Laut Cina Selatan dan sebagian daratan Kepulauan Seribu telah tenggelam akibat kenaikan muka air laut, D) Kepulauan Seribu pada sekitar 4.500 thn yl seluruhnya telah tenggelam dan muka air laut telah stabil dan mencapai puncaknya pada masa ini.

Pemboran terumbu karang di beberapa pulau dapat menjelaskan kapan dan bagaimana pulau-pulau tersebut terbentuk. Gugusan pulau di Kepulauan Seribu umumnya memiliki ketebalan terumbu karang Holosen hingga 30 m dan tumbuh pada substrat batulanau yang merupakan daratan pada zaman Plistosen. Penentuan umur karbon di Pulau Putri Besar pada bongkahan koral yang belum terubah mengindikasikan bahwa fase awal sedimentasi terjadi selama periode 10.000 - 8.000 tahun yl. Selama periode ini, laju kenaikan muka air laut melebihi laju kolonisasi terumbu dan sedimentasi di seluruh pulau. Material pembentuk pulau pada kedalaman 32 hingga 20 m di bawah permukaan laut terdiri dari pasir terpilah buruk dan sedikit berlumpur, didominasi oleh pecahan cangkang moluska dan koral. Pada periode 8.000 - 4.500 thn yl, laju kenaikan muka air laut berkurang menyebabkan pertumbuhan terumbu karang bertambah cepat dari kedalaman 20 m hingga permukaan air laut atau biasa disebut dengan istilah fase “*catch-up*”. Selama fase ini, laju pertumbuhan atau akumulasi vertikal terumbu karang mencapai 5 - 10 mm/thn, menghasilkan gundukan terumbu karang, pecahan *coralline algae*, dan endapan pasir berfragmen koral yang menjadi karakteristik topografi pulau dan profil batimetri yang kita lihat sekarang.

Proses sementasi dan kolonisasi terumbu karang telah membantu menstabilkan platform terumbu tidak hanya di Kepulauan Seribu tetapi juga pada mayoritas perkembangan pulau terumbu di seluruh Kepulauan Indonesia yang berlereng hingga 60-70 derajat. Pertumbuhan vertikal yang cepat mencapai puncaknya pada sekitar 4.500 thn yl bersamaan dengan puncak ketinggian muka air laut pada masa Holosen. Setelah itu muka air laut secara bertahap turun sekitar 1,25 m dan sejak itu pertumbuhan terumbu karang mengarah ke samping dan terkadang menyatukan dua pulau yang berdekatan.

Penutup

Kepulauan Seribu memiliki potensi pariwisata bahari dengan nilai ekonomi, ekologi dan edukasi yang tinggi mengingat jaraknya yang dekat dengan pusat Kota Jakarta dan pemandangan laut serta gugusan terumbu karangnya yang indah. Namun demikian, dalam beberapa dekade terakhir ini pembangunan Kota Jakarta dan sekitarnya yang cukup masif menyebabkan polusi serta sedimentasi di perairan Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu yang berakibat pada matinya terumbu karang, bahkan

hilangnya beberapa pulau di Teluk Jakarta. Oleh karena itu, upaya konservasi terumbu karang di Kepulauan Seribu sangatlah penting dilakukan karena hanya sekitar 65 tahun yang lalu kawasan ini memiliki terumbu karang dengan kondisi yang sangat baik dan beraneka ragam di Laut Jawa.

Kualitas perairan sangat berpengaruh terhadap struktur dan keragaman komunitas terumbu karang di Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu sehingga upaya menjaga kelestarian lingkungan di daratan Pulau Jawa khususnya Kota Jakarta dan sekitarnya sangat penting dilakukan karena pencemaran lingkungan dan insiden matinya terumbu karang di kawasan ini utamanya disebabkan oleh aliran polusi dari 13 sungai yang mengalir melalui Kota Jakarta pada DAS yang luasnya $\pm 500 \text{ km}^2$.

Daftar Pustaka

- Amir, I. (1992). A comparison of sponge fauna of exposed and sheltered reef flats in Eastern Indonesia. *Mar. Res. Indonesia* 28:1-12.
- Aswandy, I., Kastoro, W.W., Aziz, A., Hakim, I.A. and Mujiono. (1991). Distribution, abundance and species composition of macrobenthos in Seribu Islands, Indonesia. In: Alcalá, A. C. (ed.), *Proceedings of the Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas*, pp. 183-206. Asean-Australian Cooperative Program in Marine Sciences, Australian Institute of Marine Science and University of the Philippines.
- Azkab, M.H. (1991). Study on seagrass community structure and biomass in the southern part of Seribu Islands. In: Alcalá, A. C. (ed.), *Proceedings of the Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas*, pp. 353-362. Asean-Australian Cooperative Program in Marine Sciences, Australian Institute of Marine Science and University of the Philippines.
- Brown, B.E., Tudhope, A.W., Le Tissier, M.D.A. dan Scoffin, T. P. (1991). A novel mechanism for iron incorporation into coral skeletons. *Coral Reefs* 10 (4): 211-215.
- Brown, B. E., Holley, M. C., Say'rani, L., Le Tissier, M. D. A. (1983). Coral assemblages of reef flats around Pulau Pari, Thousand Islands, Indonesia, *Atoll Res. Bull.* 281:1-14.
- Connell, J.H. (1978). Tropical rain forests and coral reefs as open non-equilibrium systems. In: Anderson, R., Turner, B., Taylor, L. (eds.), *Population Dynamics*. Blackwell, Oxford, pp. 141-163.

- Jones, M. R. (1995). The Torrest reefs, North Queensland, Australia-strong tidal flows a modern control on their growth. *Coral Reefs* 14: 63-69.
- Jordan, C. F., Wharton, R. J., Cook, R. E. (1993). The sedimentology of Kepulauan Seribu: A modern patch reef complex in the west Java Sea, Indonesia. In: *Modern Carbonates and their Ancient Counterparts in Indonesia: A Guide to Interpreting and Understanding Carbonate Reservoirs*. Indonesian Petroleum Association, Carbonate Seminar 9 May 1993, Jakarta, pp. 2.1-2.6.
- Kastoro and Birowo, S. (1977). A preliminary study of the mangrove forest on Pulau Rambut, Jakarta Bay. *Mar. Res. Indonesian*. 119-129
- Kuenen, Ph. H. (1933). Geology of coral reefs. The Snellius Expedition in the eastern part of the Netherlands East Indies 1929-1930. Vol. V, Geological Results, part 2. Kemink En Zoon N.V., Utrecht.
- Manuputty, A. E. W. (1992). The soft coral cover in the Seribu Island. In: Chou, L. M. and Wilkinson, C. R. (eds.), 3rd ASEAN Science and Technology Week Conference Proceedings, Vol. 6, Marine Science: Living Coastal Resources, 21-23 Sept. 1992, Singapore, National University of Singapore. Pp. 87-94.
- Molengraaf, G. A. F. (1929). The coral reefs in the East Indian Archipelago, their distribution and mode of development. *Proc. 4th Pan Pac. Sci. Congr., Java 1929, Vol. 2: 55-89.*
- Moll, H. and Suharsono. (1986). Distribution, diversity and abundance of reef corals in Jakarta Bay and Kepulauan Seribu, pp. 112-125. In: Brown, B. E. (ed.), *Human induced damage to coral reefs: Results of a regional UNESCO (COMAR) workshop with advanced training*, Dipenogoro University, Jepara and National Institute of Oceanology, Jakarta, Indonesia, May 1985. *UNESCO Reports in Marine Science* 40: 112-125.
- Ongkosongo, O. S. R. (1989). Background information for the field trip to the Seribu Reefs, Indonesia. *Short Course on Carbonate Sedimentology and Stratigraphy*, 4-8 September 1989, Jakarta. Indonesian Petroleum Association.
- Ongkosongo, O. S. R. (1984). Evolution et effects des amengements dans l'environnement cotier de la baie de Jakarta, Indonesie. *Doct. Thesis Univ. Bordeaux*, 411pp.
- Scrutton, M. E. (1978). Modern reefs in the West Java Sea. *Proceedings of the carbonate seminar. Special Volume of the Indo. Petrol. Assoc*, pp. 14-36.

- Scrutton, M. E. (1976). Aspects of carbonate sedimentation in Indonesia. Proc. Indo. Petrol. Assoc. 5th Annual Conference, pp. 179-193.
- Sluiter, C. Ph. (1890). Einiges iiber die Entstehung der Korallen-riffen in der Javasee und Brantweinsbai, und iiber neue Korallenbildung bei Karakatau. *Natuurk. Tijdschr. Nederl. Indie* 49:360-380.
- Soekarno, Y. T. (1991). A visual survey of the Seribu Island marine park, the Seribu Islands, Jakarta, Indonesia. In: Alcalá, A. C. (ed.), Proceedings of the Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas, pp. 61-68. Asean-Australian Cooperative Program in Marine Sciences, Australian Institute of Marine Science and University of the Philippines.
- Solihuddin, T. (2014). A Drowning Sunda Shelf Model during Last Glacial Maximum (LGM) and Holocene: A Review. *Indonesian Journal on Geoscience*, Vol 1 (2): 99-107.
- Suharsono. (1992). Coral assemblages around Pulau Genteng Besar, Seribu Islands, Indonesia. In: Chou, L. M. and Wilkinson, C. R. (eds.), 3rd ASEAN Science and Technology Week Conference Proceedings, Vol. 6, Marine Science: Living Coastal Resources, 21-23 Sept. 1992, Singapore, National University of Singapore. pp. 41-54.
- Suharsono. (1994). Monitoring coral community changes in Pari and Lancang Island, Pulau Seribu off Jakarta, Indonesia. In: Sudaram S., Wilkinson, C. R. and Chou, L. M. (eds.), Proceedings, 3rd ASEAN-Australian Symposium on Living Coastal Resources, Bangkok. Vol. 2: 21-33.
- Umbgrove, J. H. F. (1931). De koraalriffen van Emmahaven (W. Sumatra). *Leid. Geol. Meeded.* 4(1): 9-24.
- Umbgrove, J. H. F. (1947). Coral reef in the East Indies. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 58: 729-778.
- Verwey, J. (1931). Coral reef studies III. Geomorphological notes on the coral reefs of Batavia Bay. *Treubia* 13(2): 199-216.
- Webb, S. R. (1992). Pulau Seribu Field Trip Guidebook. PT. Stanvac Indonesia, 69 pp.

Epilog

Dr. Dwiyoga Nugroho

Jakarta sebagai salah satu kota terbesar di dunia terus mengalami peningkatan populasi, urbanisasi, reklamasi dan industrialisasi. Meningkatnya aktifitas fisik di Jakarta dapat memberikan dampak pada ekosistem laut dan pesisir. Salah satu area yang terdampak ialah Kepulauan Seribu. Secara geografis Kepulauan Seribu terletak di sebelah utara DKI Jakarta. Kepulauan ini tersusun atas enam zona umum fisiografik yaitu Pantai (*beach*), Rataan terumbu (*reef flat*), Puncak terumbu (*reef crest*), Lereng terumbu (*reef slope*), Laguna (*lagoon*) dan Kanal antar terumbu (*inter-reef channel*).

Kondisi morfologi tersebut membuat Kepulauan Seribu memiliki terumbu karang yang telah hidup sejak 8000 tahun yang lampau. Keanekaragaman ekosistem lain yang dimiliki Kepulauan Seribu adalah Mangrove dan Lamun. Kedua ekosistem tersebut memiliki peranan penting dalam menyerap zat karbon yang terkandung dalam emisi gas CO₂. Karbon yang terakumulasi di padang lamun akan secara langsung tersimpan dalam sedimen sebagai akar dan rimpang. Bahan organik lain juga akan terakumulasi dalam sedimen akibat filter yang efisien dari daun-daun lamun yang menyaring partikel-partikel dari kolom air dan mengendapkannya menjadi sedimen.

Lamun yang ditemukan di Kepulauan Seribu terdiri dari tujuh spesies yang berasal dari dua famili. Famili *Hydrocharitaceae* terdiri dari tiga jenis yaitu *Enhalus acoroides* (*Ea*), *Thalassia hemprichii* (*Th*) dan *Halophila ovalis* (*Ho*). Empat jenis dari famili *Cymodoceaceae* yaitu *Cymodocea serrulata* (*Cs*), *Cymodocea rotundata* (*Cr*), *Halodule uninervis* (*Hu*) dan *Syringodium isoetifolium* (*Si*). Nilai total karbon di Kepulauan Seribu pada semua stasiun berada pada kisaran di atas 10%, lebih tinggi dari hasil penelitian di lokasi Tanjung Lesung, Banten yang lebih dominan dipengaruhi oleh daratan. Dari hasil studi didapatkan bahwa mangrove dan lamun menyimpan karbon sebesar 3.499,58 MgCO_{2e}/ha atau setara dengan penyerapan CO₂ sebesar 22.016.499 MgCO_{2e}. Kapasitas penyerapan masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh aktifitas kapal perikanan di Kepulauan Seribu sebesar 29.242 MgCO_{2e}.

Kegiatan pembangunan fisik yang ada di Kepulauan seribu juga berdampak pada perubahan tutupan ekosistem lamun. Dari hasil pengukuran tutupan lamun di Pulau Pari, terjadi penurunan tutupan selama 5 tahun sebesar 82,47% akibat adanya pembangunan resort. Kondisi ekosistem lamun ini kemudian mengalami peningkatan pada penelitian tahun 2014 menjadi 18,56 % setelah pembangunan resort selesai dan kondisi tutupan lamun kembali normal.

Kegiatan pembangunan di Kepulauan seribu memiliki sensitifitas tidak hanya ke ekosistem namun juga ke kondisi fisik dasar perairan. Sebagai contoh ialah kegiatan pembangunan kawasan wisata di Pulau Tengah. Saat ini, Pulau Tengah merupakan pulau wisata dimana pembangunan villa dilakukan di luar pulau sehingga mengganggu ekosistem terumbu karang dan perairan di sekitar. Dampak yang ditimbulkan terjadi perubahan alur perairan akibat dari pengerukan di sekitar Pulau Tengah untuk alur kapal pesiar menuju pulau dan pembangunan villa di atas perairan. Perubahan dasar perairan tidak terlepas dari kondisi hidrooseanografi di Kepulauan Seribu yang dipengaruhi oleh angin musiman dan pasang surut.

Gaya terbesar yang mempengaruhi dinamika dasar perairan ialah gelombang laut dengan arah dominan dari timur. Dalam kurun waktu satu dasawarsa terjadinya dinamika perubahan dasar laut yang disebabkan oleh pengerukkan dasar perairan untuk alur kapal seperti yang terjadi di Pulau Kaliage Besar, Pulau Tengah dan Pulau Kelor. Pengerukkan tersebut berdampak hilangnya beberapa habitat bentik dasar perairan seperti terumbu karang, lamun dan pasir. Sebagian besar pengerukkan tersebut bertujuan untuk memperlebar dan memperdalam alur kapal. Pembangunan struktur buatan berupa penahan gelombang dan tembok laut yang tepat dan memperhatikan kondisi oseanografi dapat menjadi jebakan sedimen (*sediment trap*) sehingga berakibat positif yaitu luasan pulau menjadi bertambah, seperti halnya yang terjadi di Pulau Kelor.

Kepulauan seribu memiliki ancaman lingkungan (*environmental stressor*) dari antropogenik di Jakarta maupun aktifitas pembangunan di Kepulauan Seribu sendiri. Selain itu, ancaman lain yang perlu dilakukan kajian lebih lanjut ialah dampak perubahan iklim, sampah laut dan ancaman pencemaran laut dari aktivitas migas. Mengetahui dinamika karbon biru di Kepulauan Seribu dapat memberikan informasi mengenai

data terkini kondisi ekosistem dan bagaimana peran ekosistem lamun dan mangrove di Kepulauan Seribu dalam menyerap karbon. Selain itu, pada buku ini juga dijabarkan hal menarik lainnya mengenai kondisi dasar perairan yang sensitif terhadap kegiatan pembangunan di tiap pulau.

Informasi yang terkandung di buku ini diharapkan dapat membantu pemangku kepentingan dan pemerintah dalam melindungi ekosistem di Kepulauan Seribu. Diperlukan juga adanya studi dalam Integrasi kegiatan pembangunan di Kepulauan seribu, Pengelolaan lingkungan di Jakarta dan pengelolaan ekosistem sehingga didapatkan daya dukung dan adaptasi yang berkelanjutan.