

## Distribusi dan Jenis Sampah Laut serta Hubungannya terhadap Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Panggang, Air, dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta

Yayan Mardiansyah Assuyuti<sup>1,2\*</sup>, Reza Bayu Zikrillah<sup>1</sup>, Muhammad Arif Tanzil<sup>1</sup>, Azkiya Banata<sup>1</sup>, Pangestuti Utami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Juanda No.95 Tangerang Selatan, Banten 15412,

<sup>2</sup>Laboratorium Ekologi, Pusat Laboratorium Terpadu, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Juanda No.95 Tangerang Selatan, Banten 15412

\*Email: ymar.assuyuti@uinjkt.ac.id

### Abstract

Coral reef ecosystems in Seribu islands has influenced enormously by marine litter. We had conducted this study in Seribu Island Jakarta covering Pramuka, Panggang, and Air islands in March 2015 and in Kotok Besar Island in July 2016. This study measured percent cover of coral reef, and the amount of marine litter in two different depth of 3-5 m and 10-13 m, each in four sampling locations in each island except in Kotok Besar Island two sampling locations each in only one depth of 3-5 m. This study aimed to determine the distribution and types of marine litter, the percent cover of coral, the chemical and physical properties of waters, and to determine the correlation between marine litter properties and the percent cover of coral. The data showed the plastic litter was found in Pramuka and Panggang islands at the 3m depth. The linear correlation by regressions measurement between marine litter and percent cover of coral was found at the 3 m depth in Pramuka, Panggang and Air islands and the 10 m depth in Pramuka Island. The percent cover of coral at each depth of those islands was not significantly different. The chemo-physical factors measured in the research location was suitable for coral growth.

**Keywords:** Coral Reef, Marine litter, Regressions Linear, Seribu islands

### Abstrak

Ekosistem terumbu karang di Kepulauan Seribu mengalami dampak dari kegiatan manusia seperti sampah laut. Penelitian ini dilakukan di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Air pada bulan Maret 2015 dan Pulau Kotok Besar pada bulan Juli 2016, Kepulauan Seribu, Jakarta. Pengambilan data tutupan karang dan jumlah dan jenis sampah dilakukan di dua kedalaman yaitu 3-5 m dan 10-13 m dengan 4 stasiun, kecuali Pulau Kotok Besar dengan 2 stasiun dan 1 kedalaman. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui jenis dan distribusi sampah laut, persentasi penutupan substrat terumbu karang, faktor kimia fisik perairan, dan hubungan sampah terhadap kondisi tutupan karang. Hasil penelitian menunjukkan jenis sampah laut yang paling banyak ditemukan adalah plastik di kedalaman 3m di Pulau Pramuka dan Pulau Panggang. Terdapat hubungan yang linear antara jumlah sampah dengan tutupan karang terdapat di kedalaman 3m di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Air dan 10m di Pulau Pramuka. Persentasi penutupan substrat terumbu karang di dua kedalaman dan masing-masing pulau tidak berbeda nyata. Hal ini karena faktor kimia fisik perairan mendukung terhadap pertumbuhan terumbu karang.

**Kata kunci :** Sampah laut, kepulauan Seribu, Terumbu Karang, Regresi Linear

### Pendahuluan

Ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang telah mengalami pencemaran yang diakibatkan polusi yang berasal dari daratan. Dampak kontaminasi tersebut terjadi secara global maupun lokal yang disebabkan oleh manusia di ekosistem mangrove (Nor & Obbard, 2014), pantai (Leite *et al.*, 2014), dan lautan terbuka (Cózar *et al.*, 2014). Kontaminasi polusi tersebut terjadi baik dalam bentuk limbah cair maupun padat. Contoh dari limbah padat adalah sampah plastik, logam, kertas, kaca, dan kertas (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2004, 2009; Leite *et al.*, 2014) yang mencemari pantai, lautan dangkal, hingga lautan terbuka dengan jumlah yang diperkirakan antara 7.000 dan 35.000 ton (Cózar *et al.*, 2014) dalam bentuk potongan makro maupun mikro plastik (Cole *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2014).

Ancaman sampah di lingkungan laut menjadi penting karena memiliki resiko dampak terhadap manusia (Halden, 2010; Cole *et al.*, 2011; Farrell & Nelson, 2013) yang disebabkan ada interaksi antara laut dan manusia (Fleming *et al.*, 2014) maupun melalui mekanisme transfer dari sumber makanan seperti ikan dan moluska dimana jumlah tersebut meningkat dari tahun 1985 sampai 1995 (Willoughby *et al.*, 1997). Selain itu, sampah laut seperti plastik mempengaruhi jumlah biota (Uneputti dan Evans 1997) yang masuk kategori IUCN red list ataupun tidak (Gall & Thompson, 2015) dan diduga sebagai agen terhadap penyakit terumbu karang (Harrison *et al.*, 2011).

Sampah yang masuk ke lautan berasal dari aktifitas manusia (Cózar *et al.*, 2014; Leite *et al.*, 2014; Rochman *et al.*, 2015) dengan Indonesia adalah negara ke 2 di dunia yang diperkirakan menyumbang jumlah sampah yang masuk ke

lautan (Jambeck *et al.*, 2015). Sampah di ekosistem laut Indonesia telah dilaporkan di Pulau Ambon (Evans *et al.*, 1995) dan di kepulauan Seribu (Willoughby, 1986; Willoughby *et al.*, 1997; Unepetty & Evans 1997). Jumlah sampah di Pulau Ambon dan Kepulauan Seribu berasal dari limbah domestik atau manusia (Evans *et al.*, 1995; Willoughby *et al.*, 1997; Unepetty dan Evans 1997).

Penelitian tentang sampah laut di ekosistem terumbu karang di Indonesia masih sedikit, untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang distribusi dan jenis sampah serta hubungannya dengan ekosistem terumbu karang. Penelitian ini bertujuan mengetahui distribusi dan jenis sampah laut, persentasi penutupan substrat terumbu karang, faktor kimia fisik perairan dan hubungan sampah laut terhadap penutupan substrat terumbu karang.

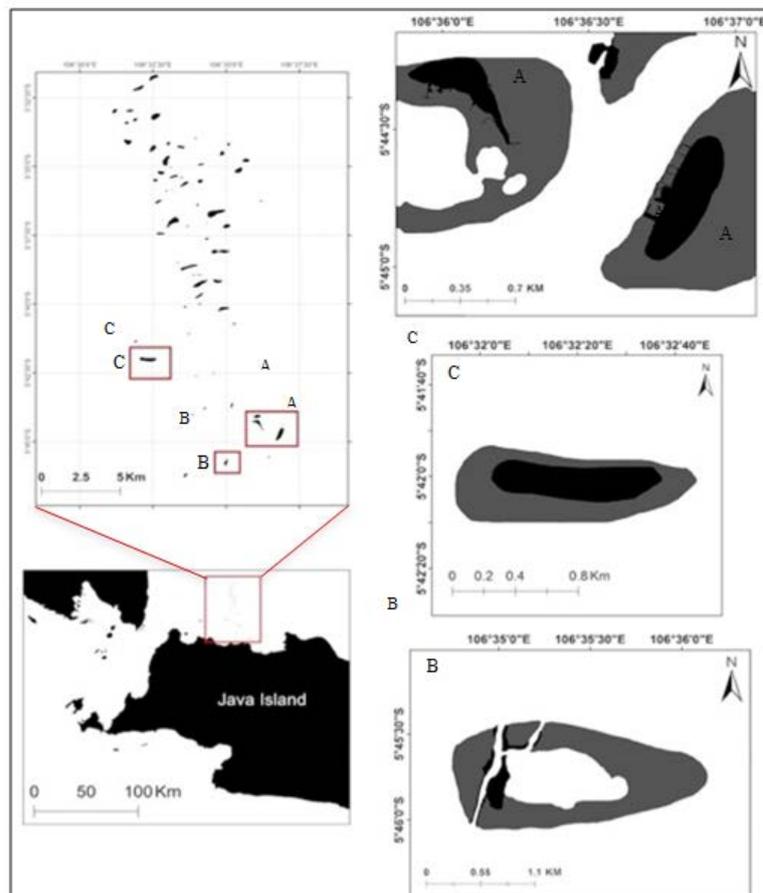
## Metode

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Kepulauan Seribu merupakan Kota Administrasi yang terletak di utara Jakarta memiliki jumlah pulau 106 dengan yang berpenghuni 11 pulau. Penduduk Kepulauan Seribu rata-rata bekerja sebagai nelayan dan penyedia jasa wisata. Jumlah wisatawan yang

datang setiap tahun meningkat, baik yang berasal lokal atau mancanegara. Hal ini karena akses menuju Kepulauan Seribu dari Jakarta atau Banten menggunakan perahu lebih dekat dibandingkan dengan kawasan pantai di tempat lain (BPS 2015). Oseanografi Kepulauan Seribu dipengaruhi oleh angin barat dan timur dengan kondisi rata-rata suhu udara 27 s/d 30 °C, curah hujan 0 s/d 919 mm<sup>3</sup> (BPS 2015), suhu perairan 25 s/d 31 °C, dan salinitas 28 s/d 34 ‰ (Estradivari *et al.*, 2009). Menurut Perda DKI Jakarta nomor 1 tahun 2014, Kepulauan Seribu terdiri dari 4 zona yaitu zona inti, perlindungan, wisata dan pemukiman.

Pulau Pramuka, Pulau Panggang dan Pulau Air adalah pulau yang berada di Kepulauan Seribu Jakarta. Pulau Pramuka dengan luas 16 Ha, Panggang 9 Ha, Air 2,9 Ha yang termasuk kedalam zona pemukiman, sedangkan Kotok Besar 20,75 Ha adalah zona pemanfaatan wisata. Jumlah wisatawan lokal dan mancanegara yang berkunjung Kepulauan Seribu dari tahun 2011-2014 mencapai 3.030.639 orang, sedangkan penduduk Pulau Pramuka 1.004 jiwa, Panggang 2.289 jiwa, Pulau Air tidak berpenghuni dan Pulau Kotok Besar di fungsikan sebagai kawasan konservasi elang bondol dan tempat persinggahan (BPS, 2015).



Gambar 1. Lokasi penelitian di pulau Pramuka (A1), Panggang (A2), Air (B) dan Kotok Besar (C).

## Pengambilan Data

Penelitian dilakukan di Pulau Pramuka (A1), Pulau Panggang (A2) dan Pulau Air (B) pada bulan Maret 2015 dan Kotok Besar (C) bagian barat dan selatan bulan Juli 2016, Kepulauan Seribu, Jakarta (Gambar 1). Studi pendahuluan dilakukan di Pulau Air bulan Nopember 2014. Pengambilan data dilakukan dengan menyelam pada kedalaman 3 - 5 meter dan 10-13 meter dengan setiap pulau terdiri dari 4 stasiun yaitu 4 arah mata angin. Data yang diambil dari Pulau Kotok Besar terdiri dari 2 stasiun yaitu di bagian barat dan selatan dengan kedalaman 3-5 meter. Data yang diambil terdiri dari jumlah sampah laut, persen penutupan terumbu karang dan kimia fisik perairan. Data kimia-fisik perairan terdiri dari suhu, salinitas, DO, konduktifitas, pH dan arus perairan diambil secara *in situ* dan dari citra satelit (<http://www.oscar.noaa.gov/>). Data sampah diambil dengan total luas area 4 x 100 m di setiap kedalaman, dimana didalam total luas area tersebut diambil data persentase penutupan terumbu karang menggunakan metode LIT (English *et al.*, 1997). Kondisi ekosistem terumbu karang ditentukan berdasarkan persen tutupan karang batu hidup dengan kriteria rusak (0-24,9%), sedang (25-49,9%), baik (50-74,9%) dan sangat baik (75-100%) (Gomez & Yap, 1988).

## Kategori Sampah Laut

Kategori sampah laut didalam penelitian disajikan pada Tabel 1. Bahan utama dari sampah laut terdiri dari kertas, plastik, karet dan logam yang digunakan sebagai pakaian sampai perkakas rumah tangga.

## Analisis Statistik

Analisis statistik menggunakan MANOVA untuk membedakan persentase penutupan terumbu karang, untuk membedakan jumlah

plastik dan variabel kimia fisik di masing-masing pulau dan kedalaman. Persentase *life form* terumbu karang dengan variabel kimia-fisik di analisis dengan Analisis Komponen Utama atau PCA (*Principal Component Analysis*). Jumlah sampah laut di masing-masing pulau dianalisis dengan *Kruskall Wallis* untuk mengetahui perbedaannya. Hubungan variabel distribusi dan jenis makroplastik dengan persen penutupan terumbu karang digunakan regresi linear. Analisis MANOVA, PCA dan *Kruskall Wallis* menggunakan SPSS versi 21, sedangkan regresi linear menggunakan *Microsoft Excel*.

## Hasil dan Pembahasan

### Distribusi dan Jenis Sampah Laut

Distribusi dan jenis sampah laut yang ditemukan di ekosistem terumbu karang di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, Pulau Air, dan Pulau Kotok Besar ada 8 jenis (Gambar 2). Distribusi sampah di masing-masing pulau tidak berbeda (*Kruskall Wallis*,  $p < 0.05$ ). Jumlah sampah yang ditemukan paling banyak di Pulau Panggang, Pulau Pramuka, Pulau Air, dan Pulau Kotok Besar pada kedalaman 3 meter, sedangkan di kedalaman 10 m hanya ditemukan di Pulau Pramuka.

Pulau Panggang memiliki jumlah sampah laut yang tinggi dibandingkan dengan pulau lain. Hal ini diduga distribusi sampah yang berasal dari utara terbawa arus dan menempel di terumbu karang hidup dan mati. Selain itu, adanya aktifitas manusia karena kedua pulau tersebut merupakan pemukiman dan pulau wisata. Jumlah sampah plastik dari penelitian sebelumnya di ekosistem terumbu karang merupakan jenis yang paling banyak ditemukan (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2004, 2009; Richards & Beger, 2011; Figueroa-Pico *et al.*, 2016).

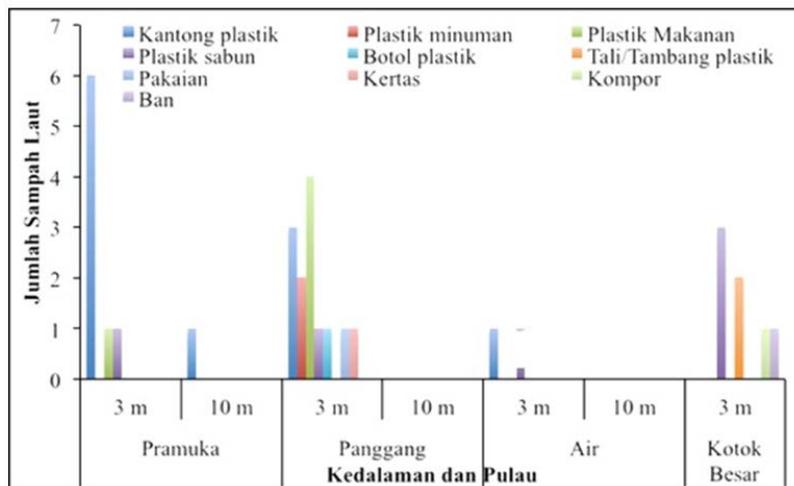
Tabel 1. Kategori jenis sampah laut

No	Jenis Sampah	Keterangan
1	Kantong plastik	Plastik yang digunakan untuk membawa dan membungkus barang-barang yang berukuran 0,5 - 5 kg
2	Kantong plastik minuman	Plastik yang digunakan sebagai pembungkus minuman ringan dan cepat saji yang berukuran < 1 kg
3	Kantong plastik makanan	Plastik yang digunakan sebagai pembungkus makana ringan dan cepat saji yang berukuran < 1 kg
4	Kantong plastik kebutuhan rumah tangga	Plastik yang digunakan sebagai pembungkus kebutuhan rumah tangga seperti pembungkus sabun, sampo dan sejenisnya yang berukuran 5 ml sampai dengan 3 kg
5	Botol plastik minuman	Botol yang berukuran < 5 liter
6	Tali rafia dan tambang	Bahan yang terbuat dari plastik
7	Pakaian	Bahan tekstil yang digunakan untuk penutup tubuh yang terbuat dari poliester, nilon, spandeks
8	Kertas	Bahan yang terbuat dari campuran kayu
9	Logam	Alat rumah tangga atau perkakas yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti ban kendaraan bermotor, paku, alat masak dan lain sebagainya
10	Karet	

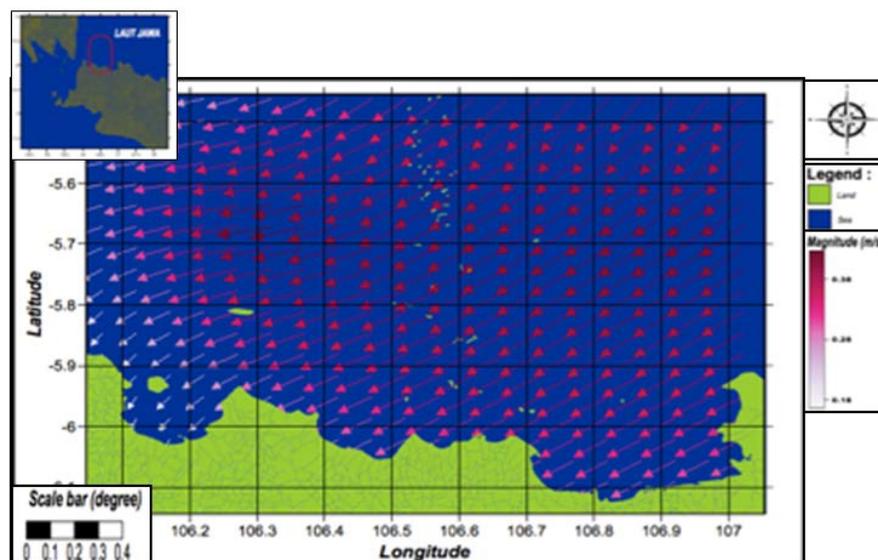
Jumlah sampah plastik di laut berasal dan dipengaruhi oleh aktifitas dan jumlah populasi manusia, seperti di daerah yang jumlah penduduknya tinggi yaitu Cina, Indonesia (Jambeck *et al.*, 2015) dan Republik Kepulauan Marshall (Richards & Beger, 2011). Akumulasi pecahan sampah yang berasal dari manusia, berkorelasi signifikan dengan pertumbuhan populasi manusia seperti di wilayah ekuator sampai dekat kutub (Barnes, 2005) dan Manabi, Ekuador (Figuroa-Pico *et al.*, 2016). Lebih lanjut menurut Richards & Beger (2011), sampah meningkat seiring dengan pendapatan perkapita penduduk menengah dan rendah.

Jumlah sampah laut yang ditemukan di ekosistem terumbu karang dengan pantai di Kepulauan Seribu memiliki perbedaan yang signifikan. Pada tahun 1985, jumlah total makroplastik sebesar 19.044 dan di tahun 1995 meningkat menjadi 25.619. Sedangkan di ekosistem terumbu karang, total yang ditemukan

sebesar 4 jenis (Willoughby *et al.*, 1997). Perbedaan jumlah sampah di pantai dengan terumbu karang karena faktor musim, arus dan angin, menurut Lee *et al.*, (2013), jumlah sampah di pantai dipengaruhi musim sebelum dan sesudah hujan. Distribusi dan jenis sampah berdasarkan kedalaman di ketiga pulau diduga dipengaruhi oleh arus dan kedalaman, karena arus pada bulan Maret 2015 berasal dari timur laut sehingga distribusi menuju daratan dan barat Jawa (Gambar 3). Menurut Reisser *et al.*, (2015), jumlah dan distribusi plastik dipengaruhi oleh kedalaman dan pencampuran vertikal, dimana jumlah plastik lebih banyak ditemukan di permukaan. Selain itu, jarak dengan daratan (Uneputti & Evans, 1997), musim, angin, lokasi ekosistem dan kegunaan ekosistem mempengaruhi jumlah dan distribusi makroplastik (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2004).



Gambar 2. Distribusi dan jenis sampah laut.



Gambar 3. Arah arus di kepulauan Seribu, Jakarta pada bulan Maret 2015.

Selain plastik, jenis kertas, karet dan logam dalam bentuk kompor gas ditemukan di ekosistem terumbu karang Kepulauan Seribu. Penelitian sebelumnya menemukan alat rumah tangga seperti lampu (Unepetty & Evans, 1997), bangku, logam (Richards & Beger, 2011), botol kaca, botol kaleng, sepatu, kayu, ban (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2004) dan kertas (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2009) di ekosistem pesisir dan terumbu karang. Hal ini menunjukkan bahwa aktifitas manusia dari penduduk lokal ataupun wisatawan memberikan dampak yang tinggi terhadap jumlah sampah di ekosistem terumbu karang Kepulauan Seribu. Menurut BPS (2015), jumlah wisatawan lokal dan mancanegara yang berkunjung Kepulauan Seribu lebih tinggi dibandingkan dengan penduduk Kepulauan Seribu, sehingga diduga bahwa sumber sampah laut berasal dari wisatawan. Selain plastik, ditemukan jenis karet dan logam, hal ini diduga berasal dari nelayan yang membuang ke laut.

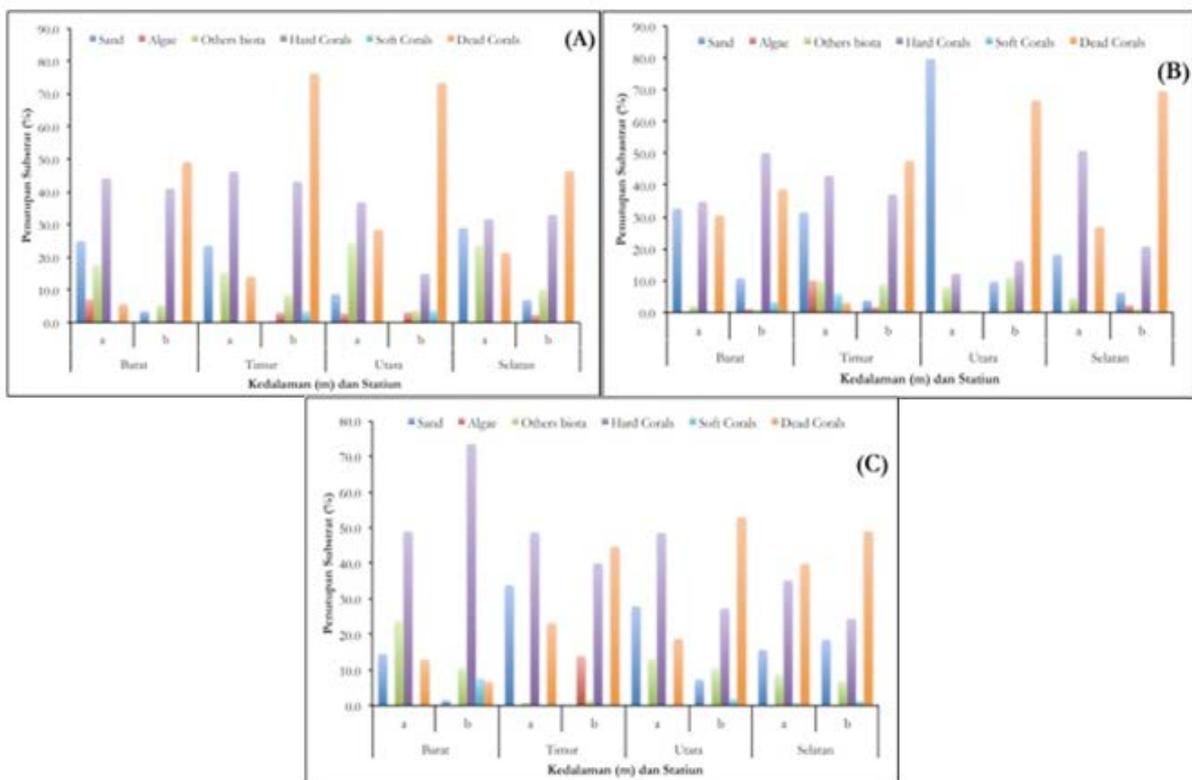
**Terumbu Karang dan Parameter Kimia-Fisik Perairan**

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang berdasarkan persentasi penutupan substrat, pulau dan kedalaman tidak

berbeda nyata (MANOVA,  $p > 0.05$ ). Penutupan substrat bervariasi di ketiga pulau dan di 2 kedalaman dengan rata-rata penutupan tertinggi terjadi di kedalaman 10-13 m (gambar 4 A s/d C).

Variabel kimia fisik perairan di ketiga pulau disajikan pada tabel 2. Hasil analisis MANOVA menunjukkan bahwa variabel kimia fisik perairan dari ketiga pulau tidak berbeda nyata ( $p > 0.05$ ) kecuali salinitas ( $p < 0.05$ ).

Perbedaan kondisi terumbu karang yang tidak signifikan diduga karena Pulau Pramuka, Panggang dan Air sebagai lokasi penelitian masih termasuk kedalam kawasan pemukiman di Kepulauan Seribu (TnKpS 2008). Kawasan pemukiman memiliki aktifitas manusia yang tinggi sehingga dapat mempengaruhi kondisi terumbu karang. Menurut Hughes (2008), kategori utama dari aktifitas manusia yang mempengaruhi karang adalah overfishing, aliran air dari daratan, perubahan iklim, coral harvesting, dan dampak rekreasi. Kerusakan terumbu karang di Kepulauan Seribu diakibatkan adanya sedimentasi (Zikrillah, 2016). Selain itu, karena polutan logam (Rees *et al.*, 1999; Rachello-Dolmen dan Cleary 2007; Hosono *et al.*, 2011) dan limbah dari Jakarta (van der Meij *et al.*, 2009) sehingga biota bentik dan perairan Kepulauan Seribu terkontaminasi.



Gambar 4. Rata-rata persentasi penutupan substrat (%) di pulau Pramuka (A), Panggang (B) dan Air (C) dengan kedalaman setiap stasiun 3-5 m (a) dan 10-13 m (b).

Tabel 2. Nilai rata-rata variabel kimia fisik perairan di pulau Pramukam Panggang dan Air.

Stasiun	Barat		Selatan		Timur		Utara		
	a	b	a	b	a	b	a	b	
Pulau Pramuka	Kedalaman (m)								
	Suhu ( $^{\circ}$ C)	29,07	29,03	28,67	28,83	28,77	28,73	28,67	28,7
	Salinitas (‰)	31,3	31,54	31,33	32	31,77	31,67	31,1	31,4
	DO (mg/L)	7,9	7,7	7,83	7,67	7,9	7,7	7,9	7,73
	Konduktifitas ( $\mu$ S)	31,47	45,87	48,17	48,17	45,3	45,9	45,77	46,2
	pH	7,3	7,3	7,3	7,7	7,3	7,3	7,7	7,7
Pulau Panggang	Arus permukaan (m/dtk)	0,11		0,12		0,11		0,13	
	Suhu ( $^{\circ}$ C)	28,5	28,5	28,7	28,5	29,2	28,7	29,3	29,3
	Salinitas (‰)	30,1	30	29,7	30,1	30	30,1	28,9	30,2
	DO (mg/L)	7,8	7,7	7,7	7,7	7,7	7,6	7,8	7,7
	Konduktifitas ( $\mu$ S)	40,5	40,8	40,5	41,2	39,5	39,9	40,7	40,7
	pH	7	7,3	7,3	7	7,3	7	9	8
Pulau Air	Arus permukaan (m/dtk)	0,13		0,15		0,21		0,17	
	Suhu ( $^{\circ}$ C)	29,7	29,6	28,4	27,9	28,3	28,3	28,5	28,4
	Salinitas (‰)	30,2	30,63	30,63	30,93	30,3	30,87	30,67	30,97
	DO (mg/L)	7,7	7,8	7,8	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8
	Konduktifitas ( $\mu$ S)	40,43	40,23	48,87	49,2	41,37	48,27	44,97	46,03
	pH	8,7	8,3	8,7	8,3	7,3	7,3	7,3	7
Arus permukaan (m/dtk)	0,14		0,11		0,19		0,25		

Keterangan : (a) Kedalaman 3-5 m dan (b) Kedalaman 10-13 m

Perbedaan persentasi penutupan substrat oleh karang hidup pada kedua kedalaman dapat diakibatkan dari beberapa faktor, diantaranya adalah faktor kecerahan. Prevalensi kedalaman pada 3-5 meter dan 10-13 meter masih termasuk kedalam zona perairan yang dapat di penetrasi oleh cahaya (fotik). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penutupan substrat oleh karang hidup di Kepulauan Seribu dapat ditemukan pada kedalaman 2 meter (Rees *et al.*, 1999) hingga 10 meter (Zikrillah, 2016). Menurut Zikrillah (2016) bahwa penetrasi cahaya pada beberapa kawasan di Kepulauan Seribu mencapai >10 meter, sehingga pada kedalaman tersebut dianggap masih optimal untuk pertumbuhan karang dengan baik. Selain itu, jarak antara pulau dengan daratan Jakarta mempengaruhi keragaman terumbu karang dan kontaminasi logam terumbu karang (Rees *et al.*, 1999).

Persentasi penutupan substrat pada setiap stasiun di ketiga pulau oleh karang hidup pada setiap stasiun dan kedalamannya bersifat fluktuatif. Rata-rata penutupan karang keras di ketiga pulau lebih dari 30% (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa kriteria rendah sampai sedang. Hasil yang sama ditunjukkan penelitian sebelumnya di perairan Desa Bunutan, Bali memiliki kriteria persentasi penutupan sedang (Dhananjaya *et al.*, 2017). Hasil yang berbeda ditunjukkan penelitian sebelumnya di Pulau Makian, Maluku (Najamuddin *et al.*, 2012) dan perairan Pasir Putih, Manokwari (Thovyan *et al.*, 2017) yang

memiliki kriteria sedang sampai tinggi. Perbedaan hasil penutupan substrat dengan penelitian sebelumnya diduga karena pengaruh aktifitas manusia. Persentasi penutupan yang rendah dikarenakan adanya aktifitas manusia seperti kualitas perairan dari teluk Jakarta (Estradivari *et al.*, 2009), menangkap ikan dan wisatawan yang tidak ramah lingkungan (Thovyan *et al.*, 2017).

Faktor lain yang mempengaruhi kondisi penutupan substrat oleh karang hidup adalah arus perairan, baik arus permukaan ataupun arus yang terdapat di dalam kolom perairan. Pada beberapa stasiun dapat dilihat bahwa penutupan substrat oleh karang mati cukup tinggi. Rata-rata kerusakan karang yang ditemukan adalah kerusakan yang diakibatkan oleh polutan logam (Rees *et al.*, 1999; Rachello-Dolmen & Cleary 2007) dan sedimen (Zikrillah, 2016). Terumbu karang sangat sensitif terhadap perubahan perubahan iklim, aktifitas manusia (Hughes, 2008), sedimentasi, kekeruhan, aliran air dari daratan, pengkayaan nutrien yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan, fisiologi dan kematian terumbu karang (Fabricius, 2005).

Pengaruh kondisi fisik perairan secara umum mempengaruhi kerusakan karang. Pada musim barat pengaruh yang diberikan lebih besar dibandingkan musim timur. Hal tersebut dapat dilihat pada kondisi fisik perairan, dimana arus, gelombang dan pasang surut memiliki nilai yang lebih tinggi daripada saat musim timur (Zikrillah, 2016), sehingga diduga bahwa stasiun bagian barat dari ketiga pulau memiliki kondisi penutupan

substrat oleh karang hidup yang rendah. Persentasi penutupan substrat oleh karang hidup pada stasiun bagian barat di Pulau Pramuka dan Pulau Panggang termasuk kedalam kategori sedang (25%-49,9%), berbeda dengan Pulau Air yang termasuk kedalam kategori baik (50%-74,9%). Kondisi stasiun bagian barat dari Pulau Air yang terlindung oleh pulau lainnya diduga menjadi salah satu penyebab rendahnya kerusakan karang akibat musim barat.

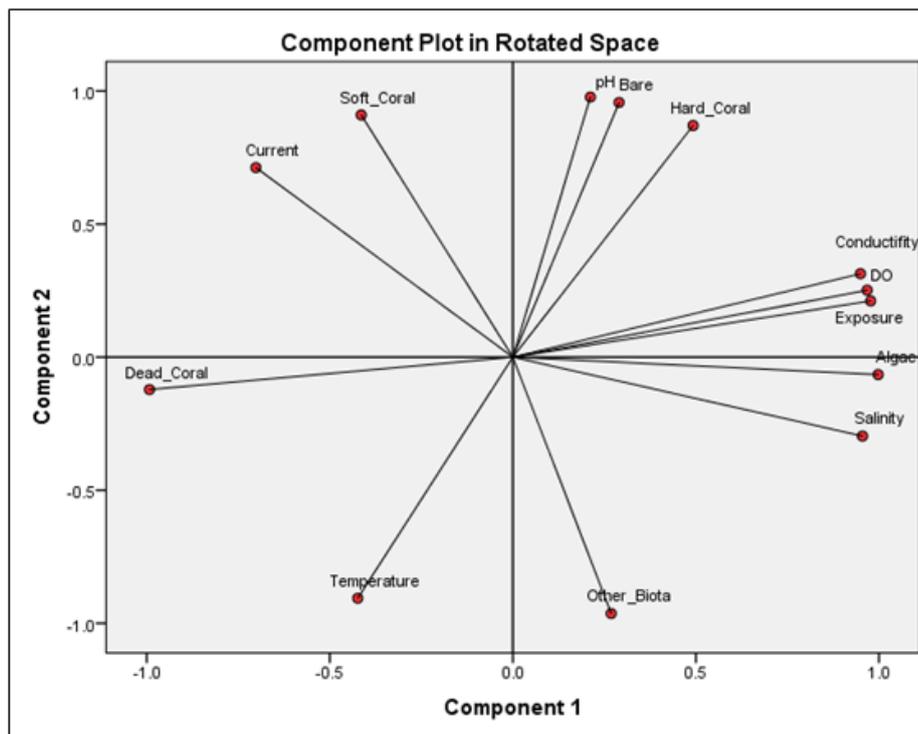
Parameter kimia fisik perairan di kepulauan Seribu memiliki kondisi ambang batas normal untuk pertumbuhan terumbu karang. Suhu perairan yang mendukung pertumbuhan terumbu karang memiliki kisaran 23 sampai dengan 30 °C (Castro & Huber, 2003). Selain suhu, wilayah tropis dipengaruhi oleh musim sehingga suhu dapat berfluktuasi (Lalli & Parsons, 2006). Nilai salinitas dan konduktivitas di ketiga pulau berada dikisaran toleransi terumbu karang, dimana wilayah tropis memiliki salinitas sampai dengan 35 (Lalli & Parsons, 2006). DO (oksigen terlarut) dan pH di ketiga pulau berada dikisaran toleransi untuk pertumbuhan karang. Hasil penelitian sebelumnya di wilayah kepulauan Seribu menunjukkan bahwa oksigen terlarut memiliki kisaran 5 sampai dengan 7 mg/L dan rata-rata nilai pH 7 (Zikriillah, 2016). Kecepatan arus permukaan berada dikisaran toleransi untuk terumbu karang. Hasil dari penelitian sebelumnya di wilayah barat Bangka Belitung menunjukkan bahwa kecepatan arus berada dikisaran normal

yaitu 0,05 sampai dengan 0,19 m/dtk dengan kondisi terumbu karang baik (Sofian, 2004).

Sumbu-sumbu faktorial yang terbentuk di PCA akan mencirikan keterkaitan parameter yang akan membentuk grafik pada grafik analisis komponen utama (Johan, 2013). Hasil pengujian statistik dengan menggunakan PCA menunjukkan bahwa hard coral dicirikan dengan adanya pH dan alga dicirikan dengan kecerahan (exposure), salinitas, DO dan konduktivitas (Gambar 5). Data kimia fisik perairan di stasiun penelitian menunjukkan bahwa pH memiliki nilai dikisaran toleransi untuk pertumbuhan hard coral. Alga yang tumbuh di stasiun penelitian diduga tumbuh karena kecerahan, salinitas, DO dan konduktivitas. Menurut Loban & Harrison (1997), alga dapat tumbuh dengan baik dengan adanya salinitas dan DO yang cukup.

### Hubungan Jumlah Sampah dengan Penutupan Terumbu Karang

Regresi jumlah sampah laut dengan penutupan terumbu karang kategori hard dan deadcorals berbeda-beda antar pulau dan kedalaman (Gambar 6). Jumlah sampah memiliki korelasi terhadap persentasi penutupan terumbu karang di semua stasiun di kedalaman 3 m (Gambar 6a s/d 6c) dan hanya 1 stasiun di kedalaman 10 m (Gambar 6d). Nilai regresi di Pulau Pramuka 3m, Panggang 3m, Air 3m dan Pramuka 10m yaitu  $R^2=0.259$ ,  $R^2=0.00998$ ,  $R^2=0.10274$  dan  $R^2=0.01538$ , secara berurutan.

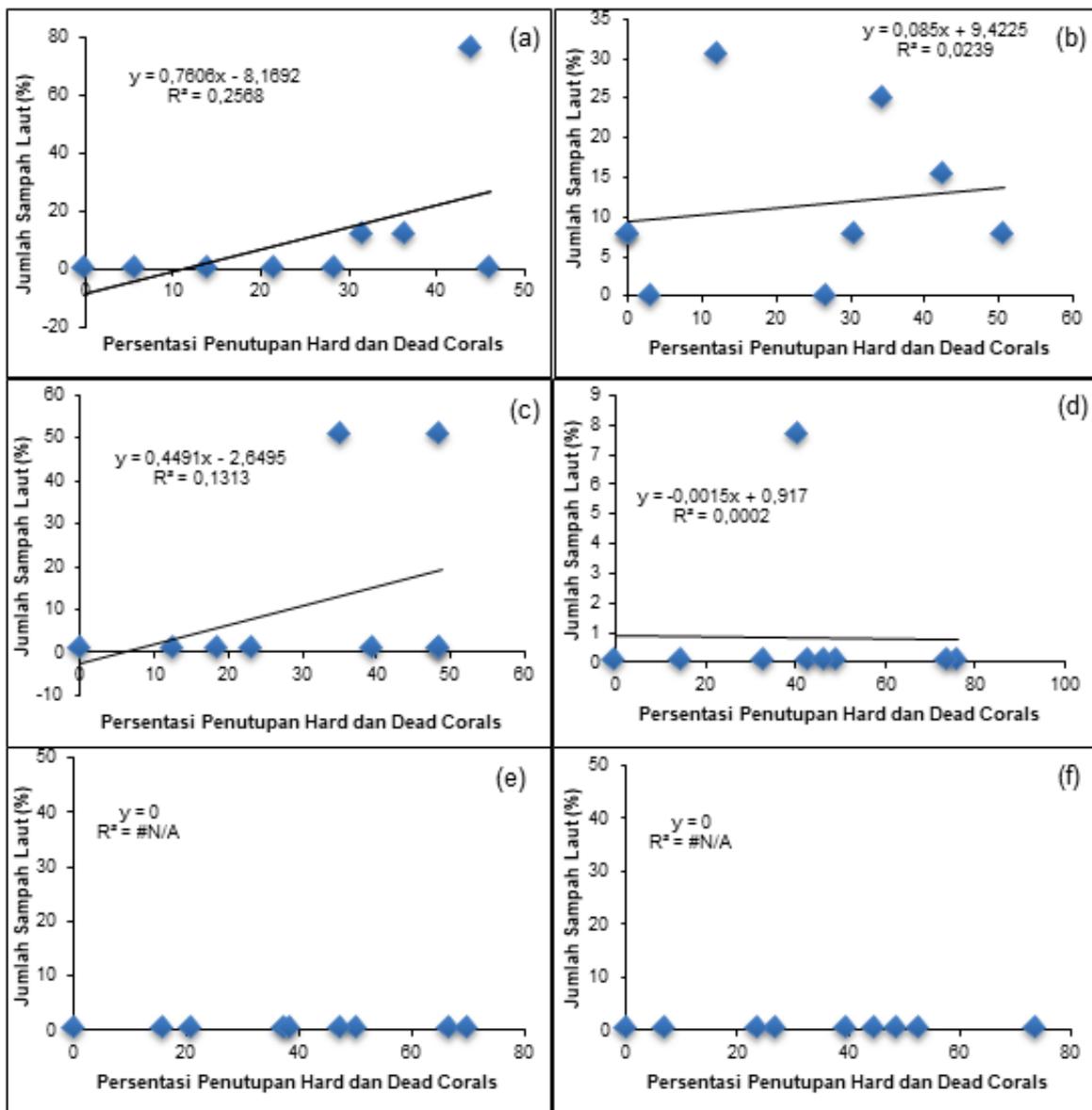


Gambar 5. Analisis komponen utama (PCA) life form terumbu karang dengan variabel kimia fisik perairan di ketiga pulau.

Nilai regresi pada kedalaman 3m diduga bahwa jumlah sampah yang meningkat seiring persentasi penutupan hard dan dead corals yang meningkat (Gambar 6a s/d 6c) sedangkan pada kedalaman 10m tidak memiliki hubungan (Gambar 6e dan 6f). Hal ini diduga pada kedalaman 3 m *hard* dan *dead corals* memiliki persentasi penutupan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 10m (Gambar 2). Menurut Richards & Beger (2011), terdapat hubungan yang signifikan antara penutupan terumbu karang dengan sampah laut, dimana sampah meningkat sedangkan terumbu karang menurun. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sumber sampah berasal dari aktifitas manusia seperti kantong plastik, plastik makanan ringan, minuman dan deterjen, dan botol dengan lebih banyak di substrat *dead coral* dibandingkan

dengan *hard coral* (Gambar 7). Selain itu, sampah berasal dari daratan yang terbawa melalui sungai dan menyebar di perairan pesisir dan lepas pantai mengikuti arus permukaan (Cózar *et al.*, 2014).

Hubungan sampah laut terhadap terumbu karang lebih banyak ditemukan di kedalaman 3 meter. Hal ini karena sampah dari jenis plastik memiliki biomasa yang lebih ringan dari air laut (Hammer *et al.*, 2012), lebih banyak ditemukan dipermukaan (Reisser *et al.*, 2015) dan dapat ditemukan di terumbu karang (Abu-Hilal & Al-Najjar, 2004; 2009) bahkan sampai laut dalam (Schluning *et al.*, 2013). Plastik lebih banyak mengapung di permukaan karena bahan polimerik yang ringan dan tenggelam ke dasar permukaan karena biota atau masuk air (Hammer *et al.*, 2012).



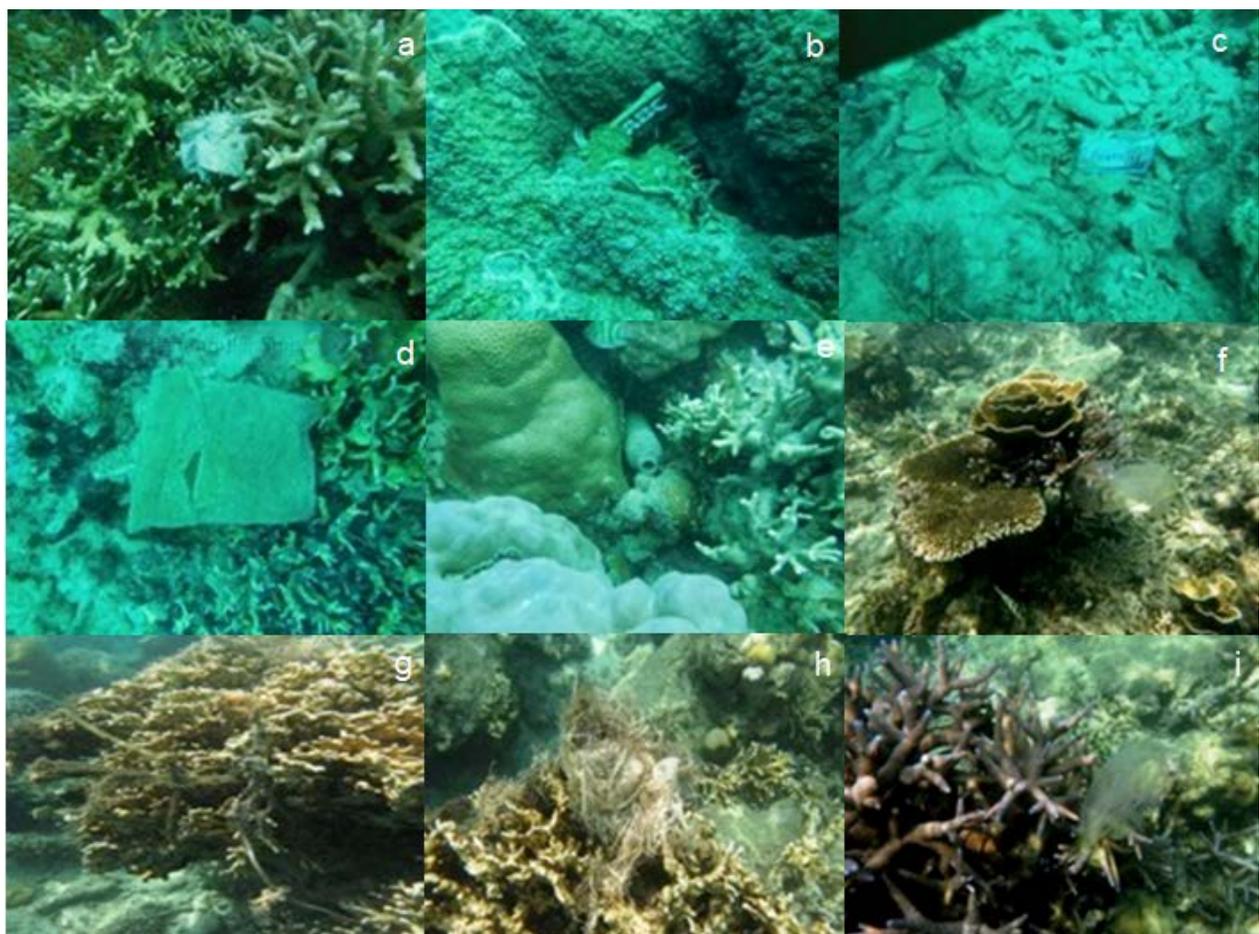
Gambar 6. Regresi persentasi penutupan *hard* dan *deadcorals* terhadap jumlah sampah laut di pulau Pramuka (a=3m, d=10m), Panggang (b=3m, e=10m) dan Air (c=3m, f=10m).

Keberadaan sampah di laut akan meningkat (Jambeck *et al.*, 2015) dan memiliki dampak negatif terhadap ekosistem laut (Hammer *et al.*, 2012; Hall *et al.*, 2015). Dampak negatif sampah seperti menutupi proses fotosintesis terumbu karang dan menjadi bahan makanan ikan dan teumbu karang. Menurut Hall *et al.*, (2015), sampah plastik (makro) yang hancur menjadi mikroplastik, hal ini dapat menjadi salah satu sumber makanan dan masuk kedalam jaringan mesentriol terumbu karang. Mikroplastik yang berasal dari makroplastik menjadi bahan yang beracun apabila masuk kedalam tubuh biota laut (Andrady, 2011) dan mengganggu kesehatan (Cole *et al.*, 2011) seperti hati di ikan (Rochman *et al.*, 2013). Potongan plastik dapat berpindah dari konsumen I ke konsumen ke II (Wright *et al.*, 2013) dan ke manusia melalui proses rantai makanan (Farrell & Nelson, 2013). Apabila bahan plastik masuk kedalam tubuh manusia melalui proses rantai makanan dengan makan ikan, maka akan terganggu kesehatan terutama pada ibu hamil dan anak-anak (Halden, 2010).

Sampah laut telah menjadi acaman dan dampak negatif terhadap biota laut dan manusia. Sistem manajemen, pendidikan tentang sampah

kepada masyarakat dan gaya hidup yang kurang baik menjadi salah satu penyebab penyebaran sampah ke laut. Gaya hidup masyarakat yang tidak berkelanjutan (Andrades *et al.*, 2016), infrastruktur pembuangan sampah yang kurang baik diduga akan menyebabkan jumlah sampah di laut akan meningkat hingga 15 sampai 40% pada tahun 2025 (Jambeck *et al.*, 2015). Kesadaran masyarakat yang hidup di daratan tentang sampah berdampak buruk terhadap ekosistem laut perlu ditingkatkan, karena sumber utama penyebaran berasal dari daratan (Ryan *et al.*, 2009; Cózar *et al.*, 2014) dan aktifitas manusia (Evans *et al.*, 1995; Willoughby *et al.*, 1997; Unepetty & Evans 1997; Abu-Hilal & Al-Najjar 2004, 2009; Andrades *et al.*, 2016).

Distribusi dan jenis sampah laut di ekosistem terumbu karang yang paling banyak ditemukan di kedalaman 3 m. Persentasi penutupan terumbu karang di Pulau Pramuka, Panggang dan Air di dua kedalaman tidak berbeda nyata. Hal ini dipengaruhi faktor kimia fisik perairan yang masih berada pada kisaran untuk pertumbuhan terumbu karang. Distribusi sampah memiliki korelasi dengan ekosistem terumbu karang di kedalaman 3 m dan 10 m.



Gambar 7. Jenis-jenis sampah di kedalaman 3m pulau Panggang di bulan Maret 2015 (a s/d e) dan pulau Air di bulan Nopember 2014 (f s/d h). Keterangan: kantong plastik (a, h dan i), plastik minuman serbuk (b), plastik deterjen (c), plastik makanan (d), botol plastik (e), tali/tambang (g), karung (h).

Ekosistem terumbu karang telah terkontaminasi oleh sampah yang berasal dari aktifitas manusia. Mengurangi jumlah dan dampak sampah di ekosistem terumbu karang diperlukan kesadaran dari masyarakat lokal dan turis untuk tidak membuang sampah terutama plastik ke laut. Selain itu, perlu dibuat aturan, kebijakan dan fasilitas dari pemerintah setempat tentang manajemen sampah yang baik.

## Simpulan

Sampah plastik adalah jenis sampah yang banyak ditemukan di ketiga pulau dan telah mencemari ekosistem terumbu karang. Persentasi penutupan substrat di ketiga pulau oleh karang hidup pada setiap stasiun dan kedalamannya bersifat fluktuatif dengan rata-rata penutupan karang keras di ketiga pulau lebih dari 30%. Hal ini karena faktor kimia fisik perairan mendukung terhadap pertumbuhan terumbu karang. Jumlah sampah yang meningkat seiring persentasi penutupan *hard* dan *dead corals* yang meningkat di kedalaman 3 m sedangkan pada kedalaman 10 m tidak terjadi.

## Ucapan Terima kasih

Penulis berterima kasih kepada anonim *reviewer* yang telah memberikan saran terhadap penulisan dan kepada Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS) yang telah memberikan izin dan fasilitas selama penelitian berlangsung. Terima kasih kepada staf Laboratorium Ekologi, Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta yang memberikan fasilitas untuk penelitian.

## Daftar Referensi

- Abu-Hilal, A., & Al-Najjar, T., 2004. Litter Pollution on the Jordanian Shores of the Gulf of Aqaba (*Red Sea*). *Mar. Environ. Res.* 58:39-63.
- Abu-Hilal, A., & Al-Najjar, T., 2009. Marine Litter in Coral Reef Areas Along the Jordan Gulf of Aqaba, *Red Sea*. *J. Environ. Manag.* 90:1043-1049.
- Andrades, R., Martins, A.S., L.M. Fardim, J.S. Ferreira & Santos, R.G., 2016. Origin of Marine Debris is Related to Disposable Packs of Ultra-processed Food. *Marine pollution bulletin*. *In press*.
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the Marine Environment. *Marine pollution bulletin*. 62:1596-1605.
- Barnes, D.K.A., 2005. Remote Islands Reveal Rapid Rise of Southern Hemisphere Sea Debris. *Direct. Scienc.* 5:915-921.
- BPS Kepulauan Seribu. 2015. Kepulauan Seribu Dalam Angka 2015. Badan Pusat Statistik Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu.
- Castro, P. & Huber, M.E., 2003. *Marine Biology – Fourth Edition*. The McGraw-Hill Companies. pp ix+1-458.
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband & Galloway, T.S., 2011. Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 62:2588–2597.
- Cózar, A., F. Echevarría, J.I. González-Gordillo, X. Irigoien, B. Úbeda, S. Hernández-León, Á.T. Palma, S. Navarro, J. García-de-Lomas, A. Ruiz, M.L. Fernández-de-Puelles & Duarte, C.M., 2014. Plastic Debris in the Open Ocean. *PNAS*. 1-6 pp.
- Dhananjaya, I.G.N.A., I.G. Hendrawan, & Faiqoh, E., 2017. Komposisi Spesies Ikan Karang di Perairan Desa Bunutan, Kecamatan Abang, Kabupaten Karangasem, Bali. *J. Mar. Aquat. Scienc.* 3(1):91-98.
- English, S., C. Wilkinson & Baker, V., 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Estradivari, E. Setyawan & Yusri, S., 2009. Terumbu karang Jakarta: Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003-2007). Yayasan TERANGI. Jakarta. viii+102 hlm.
- Estradivari, Idris, & Syahrir, M., 2009. Kajian Struktur Komunitas Karang Keras Kepulauan Seribu Tahun 2005 dan 2007. Dalam: Terumbu Karang Jakarta: Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2003-2007). Editor: Estradivari, E. Setyawan & S. Yusri. Yayasan TERANGI. Jakarta. 29-39 hlm.
- Evans, S.M., M. Dawson, J. Day, C.L.J. Frid, M.E. Gill, L.A. Pattisina & Porter, J., 1995. Domestic Waste and TBT Pollution in Coastal Areas of Ambon Island (Eastern Indonesia). *Marine pollution bulletin*. 30:109-115.
- Fabricius K.E., 2005. Effects of Terrestrial Runoff on the Ecology of Corals and Coral Reefs: Review and Synthesis. *Marine pollution bulletin*. 50:125-146.
- Farrell, P. & Nelson, K., 2013. Trophic Level Transfer of Microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.* 177 :1-3.

- Figueroa-Pico, J., D.M.D. Valle, R. Castillo-Ruperti & Macías-Mayorga, D., 2016. Marine Debris-Implications for Conservation of Rocky Reefs in Manabi, Ecuador (Se Pacific Coast). *Marine pollution bulletin*. 109:7-13.
- Fleming, L.E., N. McDonough, M. Austen, L. Mee, M. Moore, P. Hess, M.H. Depledge, M. White, K. Philippart, P. Bradbrook & Smalley, A., 2014. Oceans and Human Health: A Rising Tide of Challenges and Opportunities for Europe. *Mar. Environ. Res.* 99:16-19.
- Gall, S.C. & Thompson, R.C., 2015. The Impact of Debris on Marine Life. *Marine pollution bulletin*. 92:170-179.
- Gomez, E.D. & Yap, H.T., 1988. Monitoring Reef Condition. In: Coral Reef Management Handbook UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia (ROSTSEA). Ed: R.A. Kenchington and B. E. T. Hudson. Jakarta. Pp.171-178.
- Halden, R.U., 2010. Plastics and Health Risks. *Annu. Rev. Publi. Heal.* 31:179-194.
- Hall, N.M., K.L.E. Berry, L. Rintoul & Hoogenboom, M.O., 2015. Microplastic Ingestion by Scleractinian Corals. *Mar. Biol.* 162:725-732.
- Hammer, J., M.H.S. Kraak & Parsons, J.R., 2012. Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. Ed: D.M. Whitacre. In: Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 220:1-44. Springer Science+Business Media, LLC.
- Harrison, J.P., M. Sapp, M. Schratzberger & Osborn, A.M., 2011. Interactions between Microorganisms and Marine Microplastics: a call for research. *Mar. Tech. Socie. J.* 45:12-20.
- Hosono, T., C.C. Su, R. Delinom, Y. Umezawa, T. Toyota, S. Kaneko & Taniguchi, M., 2011. Decline in Heavy Metal Contamination in Marine Sediments in Jakarta Bay, Indonesia due to Increasing Environmental Regulations. *Estuar. Coast. Shelf. Scienc.* 92:297-306.
- Hughes, T.P., 2008. Human Impact on Coral Reefs. Ed: P Hutchings, M Kingsford, O Hoegh-Guldberg. In: The Great Barrier Reef: Biology, Environment and Management. CSIRO Publishing. Collingwood, Australia. pp 85-94.
- Jambeck, J.R., R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, & Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Scienc.* 347:768-771.
- Johan, O., 2013. Epidemiologi Penyakit Karang Sabuk Hitam (Black Band Disease) di Kepulauan Seribu, Jakarta. IPB. Bogor. [Disertasi]
- Lalli, C.M., & Parson, T.R., 2006. Biological Oceanography An Introduction-Second Edition. University of British Columbia, Vancouver. Canada.
- Lee, J., S. Hong, Y.K. Song, S.H. Hong, Y.C. Jang, M. Jang, N.W. Heo, G.M. Han, M.J. Lee, D. Kang & Shim. W.J., 2013. Relationships Among the Abundances of Plastic Debris in Different Size Classes on Beaches in South Korea. *Marine pollution bulletin*. 77:349-354.
- Leite, A.S., L.L. Santos, Y. Costa & Hatje, V., 2014. Influence of Proximity to an Urban Center in the Pattern of Contamination by Marine Debris. *Marine pollution bulletin*. 81:242-247.
- Lima, A.R.A., M.F. Costa & Barletta, M., 2014. Distribution Patterns of Microplastics within the Plankton of a Tropical Estuary. *Environ. Res.* 132:146-155.
- Loban, C.S. & Harrison, P.J., 1997. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press. UK.
- Najamuddin, N., Ishak, S., & Ahmad, A., 2012. Keragaman ikan karang di perairan Pulau Makian Provinsi Maluku Utara. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 1(2):114-120.
- Nor, N. H. M., & Obbard, J. P., 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 278-283.
- Peraturan Daerah DKI Jakarta. 2014. Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi.
- Rachello-Dolmen, P. G., & Cleary, D. F. R., 2007. Relating coral species traits to environmental conditions in the Jakarta Bay/Pulau Seribu reef system, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4), 816-826.
- Rees, J. G., Setiapermana, D., Sharp, V. A., Weeks, J. M., & Williams, T. M., 1999. Evaluation of the impacts of land-based contaminants on the benthic faunas of Jakarta Bay, Indonesia. *Oceanologica Acta*, 22(6), 627-640.
- Reisser, J., Slat, B., Noble, K., Du Plessis, K., Epp, M., Proietti, M., & Pattiaratchi, C., 2015. The vertical distribution of buoyant plastics at sea: an observational study in the North Atlantic Gyre. *Biogeosciences*, 12(4), 1249.

- Richards, Z. T., & Beger, M., 2011. A quantification of the standing stock of macro-debris in Majuro lagoon and its effect on hard coral communities. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1693-1701.
- Rochman, C.M., A. Tahir, S.L. Williams, D.V. Baxa, R. Lam, J.T. Miller, F.C. Teh, S. Werorilangi & Teh., S.J., 2015. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in shellfish and bivalves sold for human consumption. *Scient. Repor.* 5:14340.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J., 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific reports*, 3, 3263.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., & Moloney, C. L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999-2012.
- Schlining, K., S. von Thun, L. Kuhn, B. Schlining, L. Lundsten, N.J. Stout, L. Chaney & Connor, J., 2013. Debris in the deep: Using a 22-year video annotation database to survey marine litter in Monterey Canyon, central California, USA. *Deep Sea Res. Part I: Oceanogr. Res. Pap.* 79:96-105.
- Sofian, A., 2004. Studi Keterkaitan Keanekaragaman Bentuk Pertumbuhan Terumbu Karang dengan Ikan Karang di Sekitar Kawasan Perairan Pulau Ru dan Pulau Keringan Wilayah Barat Kepulauan Belitung. IPB. Bogor. [Skripsi].
- Thovyan, A. I., Sabariah, V., & Parenden, D., 2017. Persentase Tutupan Terumbu Karang di Perairan Pasir Putih Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(1):67-80.
- TNKPS. 2008. Information Book Kepulauan Seribu Marine National Park Area. Jakarta: Ministry of Forestry and Estate Crops.
- Uneputti, P. A., & Evans, S. M., 1997. Accumulation of beach litter on islands of the Pulau Seribu Archipelago, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 34(8), 652-655.
- van der Meij, S. E., Moolenbeek, R. G., & Hoeksema, B. W., 2009. Decline of the Jakarta Bay molluscan fauna linked to human impact. *Marine Pollution Bulletin*, 59(4-7), 101-107.
- Willoughby, N. G., 1986. Man-made litter on the shores of the Thousand Island Archipelago, Java. *Marine Pollution Bulletin*, 17(5), 224-228.
- Willoughby, N. G., Sangkoyo, H., & Lakaseru, B. O., 1997. Beach litter: an increasing and changing problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 34(6), 469-478.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Zikrillah, R.B., 2016. Kondisi Ekosistem Terumbu Karang pada Zona yang Berbeda di Kepulauan Seribu. Program Studi Biologi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. [Skripsi].