

Perbandingan Timbulan Sampah Laut dan Daratan di Lokasi Wisata Berbasis Konservasi

Comparison of Marine Debris and Land Waste in Conservation Tourism Locations

Muhammad Irpan Sejati Tassakka*; Muhammad Musrianton; Alfi K. Admaja; Indah

Alsita; Kezia Gloria Apriliana Runtu; Normayasari

Akademi Komunitas Kelautan dan Perikanan Wakatobi

*email : muhammad.irpansejati@kkp.go.id

Diterima : Oktober Disetujui : Desember

ABSTRAK

Waha Tourism Community (WTC) adalah objek wisata bahari berbasis konservasi dan dikelola oleh masyarakat. Peningkatan aktivitas wisatawan diprediksi dapat berdampak pada jumlah timbulan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah timbulan sampah laut dan sampah daratan serta merekomendasikan alternatif sistem pengelolaan sampah berkelanjutan di WTC. Pengukuran timbulan dan komposisi sampah menggunakan metode CSIRO, sedangkan metode analisis menggunakan IWM2. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa timbulan sampah laut lebih banyak dibandingkan dengan sampah daratan dengan perbandingan 5:1 (45,8 : 9,1 kg/hari). Komposisi sampah laut terdiri dari 81,6% organik; 5,5% styrofoam; 3,1% plastik keras; 3,5% plastik lunak; 2,6% logam; 0,4 % kaca; 1,4% karet; 0,3% kain; 1,1% kertas; dan 0,5% lainnya. Komposisi sampah daratan terdiri dari 63,6% organik; 13,2% plastik keras; 9,9% plastik lunak; 2,2% logam; 2,2% kaca; 4,1% karet; 2,7% kertas; dan 2,1% lainnya. Berdasarkan komposisi sampah di kawasan WTC, maka sistem pengelolaan sampah yang paling sesuai yaitu proses daur ulang, pengolahan biologis, dan membawa residu ke TPA dengan efisiensi emisi udara dan pencemaran air masing-masing sebesar 1.570.398 gr CO₂/tahun; 1.571.177 gr CH₄/tahun; 34.601.010 gr GWP/tahun; 7.088 gr BOD/tahun; 12.146 gr COD/tahun; dan 792 gr SS/tahun.

Kata Kunci: emisi udara, pencemaran air, sampah laut, sampah daratan, wisata bahari

ABSTRACT

Waha Tourism Community (WTC) is a conservation based tourism and managed by community. The increase of tourist activity is predicted will impact to increase of waste arise. The aims of this paper are to know the comparison of waste generation from marine debris and the mainland, also to recommend the alternative of sustainable waste management system in WTC. The measurement of waste arise and composition using the CSIRO method, while the analysis method using IWM2. The results from the research showed that the amount of waste arise from marine debris is more than the mainland with ratio 5:1 (45,8 : 9,1 kg/day). The composition of marine debris consist of 81,6% organics; 5,5% Styrofoams; 3,1% rigid plastics; 3,5% soft plastics; 2,6% metals; 0,4 % glasses; 1,4% rubbers; 0,3% fabrics; 1,1% papers; dan 0,5% another waste. The composition of mainland waste are 63,6% organics, 13,2% rigid plastics; 9,9% soft plastics; 2,2% metals; 2,2 % glasses; 4,1% rubbers; 2,7% papers; and 2,1% another waste. Based on the waste composition in WTC, the most suitable waste management system is the recycling process, biological processing, and bringing the residue to the landfill, which can reduce the air emissions and water pollutions respectively by 1.570.398 gr CO₂/year; 1.571.177 gr CH₄/year; 34.601.010 gr GWP/year; 7.088 gr BOD/year; 12.146 gr COD/year; and 792 gr SS/year.

Key Words: air emission, water pollution, marine debris, mainland waste, marine tourism

PENDAHULUAN

Kabupaten Wakatobi adalah salah satu kabupaten kepulauan di Indonesia yang terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara. Nama Wakatobi merupakan perpaduan nama empat pulau besarnya yaitu Pulau Wangi-Wangi, Kaledupa, Tomia, dan Binongko. Kepulauan Wakatobi telah ditetapkan sebagai Taman Nasional (Menteri Kehutanan, 1996; 2002) dan Kawasan Konservasi (Undang-undang Nomor 1 tahun 2014) yang mencakup kawasan seluas \pm 1.390.000 Ha dan terbagi menjadi 3 (tiga) Wilayah Pengelolaan, yaitu : Wanci, Kaledupa, dan Tomia-Binongko. Pada tahun 2012, Wakatobi terpilih sebagai salah satu cagar biosfer dunia oleh UNESCO dalam sidang ke-24 *International Coordinating Council of the Man and the Biosphere Programme* (ICC-MAB) UNESCO di Paris. Pada saat itu, Wakatobi merupakan cagar biosfer ke-8 di Indonesia yang diakui oleh dunia (UNESCO, 2015). Hingga saat ini, Indonesia telah memiliki 16 Cagar Biosfer yang telah diakui dunia berdasarkan sidang ke-ICC-MAB UNESCO yang dilaksanakan pada tahun 2019 (UNESCO, 2019). Selain itu, Kepulauan Wakatobi juga merupakan pusat dari segitiga karang dunia dengan biodiversitas kelautan yang tinggi, tercatat 396 jenis karang *scleractanian*, 942 spesies ikan, 31 spesies karang fungi, 31 spesies *foraminifera* serta 34 spesies *stomatopoda* (Pet-Soede & Erdmann, 2003; Veron, J. C. E., DeVantier, L. M., Turak, E., Green, A. L., Kininmonth, S., StaffordSmith, M., & Peterson, N., 2011; Foale *et al.*, 2013).

Keindahan keanekaragaman bawah laut Kepulauan Wakatobi menjadikannya ditetapkan sebagai salah satu dari 10 destinasi wisata prioritas Indonesia (Sekretariat Kabinet, 2015). Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan kunjungan wisatawan di Wakatobi mengalami peningkatan. Berdasarkan data BPS (2018), tercatat bahwa jumlah wisatwan domestik pada tahun 2013 sebanyak 9.055 orang, sedangkan untuk wisatawan mancanegara sebanyak 3.315 orang. Jumlah wisatawan domestik terus mengalami peningkatan tiap tahunnya, hingga

pada tahun 2017 mencapai 20.419 orang. Di sisi lain, wisatawan mancanegara mencapai 7.020 orang. Secara keseluruhan, wisatawan yang datang berkunjung ke Wakatobi mengalami peningkatan sebesar 20,61% dari tahun 2016. Potensi yang dimiliki oleh Wakatobi harus disesuaikan dengan kegiatan konservasi. Salah satu lokasi wisata di Wakatobi yang menerapkan prinsip konservasi yaitu (WTC).

WTC dikelola oleh kelompok masyarakat di Wilayah Pesisir Waha Raya. Perbedaan mendasar antara WTC dengan operator wisata lainnya adalah WTC memadukan antara pariwisata dan konservasi yang dijalankan bersamaan dalam hubungan simbiosis mutualisme. Hal ini dilandasi oleh kepedulian untuk menjaga keberlanjutan dan kelestarian ekosistem disekitar pesisir Desa Waha Raya yang menjadi daya tarik utama dari usaha wisata tersebut. Oleh karena itu, WTC mengedepankan misi *Sustainable Tourism Development* dengan aspek konservasi sebagai ideologi pengelolaan usaha wisata ini. Jenis kegiatan wisata yang ditawarkan oleh Waha Tourism Community adalah snorkeling, menyelam dan pemandangan lansekap tetapi dilengkapi dengan sedikit edukasi yang diberikan kepada wisatawan untuk tetap menjaga kelestarian lingkungan pesisir seperti, tidak menyentuh dan menginjak karang saat melakukan *snorkeling*. Selain itu, 60% dari hasil dari usaha Waha Tourism Community disisihkan untuk kegiatan konservasi seperti pengawasan dan transplantasi terumbu karang serta pembuatan taman biota laut untuk kerang raksasa (kima), sedangkan 40% untuk kelompok.

Aktivitas wisatawan di WTC tentunya menghasilkan limbah yang umumnya padat. Saat ini, pengelolaan limbah padat di WTC masih menggunakan metode konvensional, yaitu dengan pengumpulan sampah tanpa pemilahan dalam suatu wadah. Berdasarkan observasi, sampah di WTC oleh petugas kebersihan desa langsung dibuang di pembuangan akhir terbuka. Hal ini berbeda dengan pengelolaan limbah padat yang harusnya dilakukan oleh objek wisata secara

berkelanjutan. Objek wisata berkelanjutan mengelola limbah padat dengan pemilahan sampah dari sumbernya terlebih dahulu, umumnya dilakukan dengan membedakan wadah pemilahan. Prinsip pengelolaan sampah juga perlu menekankan 5R yaitu *Reduce, Reuse, Recycle, Repair* dan *Replace* (Aminuddin I., Krishnadiyanti D., Ayukur AG., Dian IA., 2016). Berdasarkan sumbernya, sampah yang dihasilkan di WTC dikategorikan menjadi 2 (dua) jenis yaitu sampah daratan dan sampah laut. Berdasarkan pada Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah merupakan sisa dari kegiatan manusia harus dikelola agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan. Timbulan sampah yang dihasilkan di daratan biasa disebut dengan sampah darat. Sedangkan, sampah laut (*Marine Debris*) merupakan bahan padat yang diproduksi atau diproses secara langsung atau tidak langsung, sengaja atau tidak sengaja, dibuang atau ditinggalkan di dalam lingkungan laut (CSIRO, 2014). Sampah darat dapat menjadi sampah laut apabila tidak dilakukan pengelolaan dan penanganan sampah darat yang baik khususnya di daerah pesisir.

Pencemaran laut oleh sampah telah lama menjadi masalah global. Sebagian besar sampah dari daratan yang tidak dikelola dengan baik akan terbawa melalui sungai, aliran air hujan, drainase, angin, atau bahkan oleh manusia sendiri dan berakhir di laut (Barnes *et al.*, 2009). Pergerakan laut yang dinamis mengakibatkan penyebaran sampah di laut hingga ke samudera, bahkan hingga ke dasar laut dalam (Bergmann and Klages 2012; Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., and Janssen, C. R., 2013; Woodal, *et al.*, 2014; Angiolillo *et al.*, 2015). Belum ada data kuantitatif yang pasti tentang jumlah sampah dari daratan yang mencemari laut di dunia. Data-data yang dilaporkan merupakan estimasi dari berbagai pendekatan penelitian. Galgani, F., Piha, H., Hanke, G., Werner, S., and GES

MSFD group., (2011) melaporkan bahwa secara global, sumber utama sampah di laut adalah sampah yang berasal dari darat. Diantara berbagai jenis material sampah laut, material plastik merupakan material yang paling banyak dilaporkan dan mendapatkan perhatian utama (Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., and Swan, S. H., 2009; Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., and Öztürk, B., 2013; Thiel, M., Hinojosa, I. A., Miranda, L., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., and Vásquez, N., 2013; Ramirez-Llodra, E., De Mol, B., Company, J. B., Coll, M., and Sardà, F., 2013).

Hal tersebut disebabkan karena strukturnya yang sulit terurai secara alami, berat jenis yang ringan sehingga mudah terbawa oleh arus, serta dampaknya terhadap ekosistem, kehidupan biota, dan juga terhadap manusia (Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., and Kaye, S., 2013; Gall and Thompson, 2015). Dalam waktu yang lama, sampah laut dapat mengalami fragmentasi menjadi partikel-partikel kecil, yang kemudian dikenal dengan istilah mikroplastik, yang telah banyak dilaporkan ditemukan dalam sistem pencernaan organisme laut (Barnes *et al.*, 2009; Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., and Moore, C. J., 2010; Murray and Cowie, 2011; Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., do Sul, J. A. I., and Dantas, D. V., 2011).

Ukurannya yang kecil membuat mikroplastik lebih sulit untuk dideteksi dan ditanggulangi. Jambeck *et al.* (2015) mengestimasi bahwa sekitar 2,5 milyar metrik ton limbah padat dihasilkan dari 192 negara pesisir (dengan populasi 93% penduduk dunia) pada tahun 2010. Sekitar 11% (275 juta metrik ton) merupakan sampah plastik, dimana 4,8-12,7 juta metrik tonnya diperkirakan masuk ke samudera. Indonesia dilaporkan menjadi negara kedua penghasil sampah plastik laut (0,48-1,29 juta metrik ton/tahun) atau pertama di Asia Tenggara, setelah China 1,32-3,53 juta metrik ton/tahun (Jambeck *et al.*, 2015).

Pengelolaan sampah yang tidak efektif dapat mempengaruhi menjadi ancaman kenyamanan dan keamanan aktivitas wisata

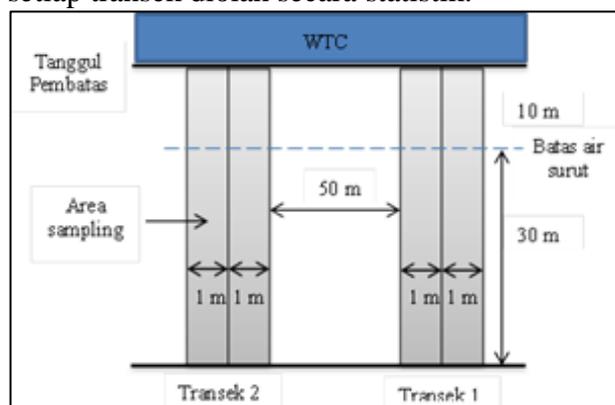
bahari. Sampah yang tidak terkelola dengan baik di kawasan wisata dapat mengganggu kenyamanan wisatawan dalam berwisata (Khalik, 2014). Aktivitas pariwisata yang dilakukan antara wisatawan dengan pelaku wisata, secara langsung dan tidak langsung, dapat menyebabkan adanya timbulan sampah setiap harinya. Kajian dari *United Nations Environment Programme* (UNEP) menyatakan bahwa wisatawan rata-rata menghasilkan enam kali lebih banyak sampah saat mereka berlibur (WWF-Indonesia, 2015). Akibatnya, volume sampah akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah kunjungan wisata pada satu destinasi wisata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan data timbulan dan komposisi sampah daratan dan laut. Selanjutnya memberikan rekomendasi pengelolaan sampah yang ramah lingkungan berdasarkan indikator emisi udara dan pencemaran air yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di WTC yang terletak di Desa Waha, Kabupaten Wakatobi. Penelitian dilakukan disaat musim timur (bulan april-mei). Dalam penelitian ini menggunakan alat dan bahan diantaranya: (1) rol meter berjumlah dua buah digunakan untuk mengukur jarak antar transek; (2) tali plastik berjumlah lima gulung digunakan untuk membuat transek; (3) *Global Positioning System* (GPS) (*Garmin GPS Map 64S*) berjumlah 1 buah digunakan untuk mengetahui posisi setiap transek; (4) timbangan gantung dengan kapasitas 25 kg (*Hanoi Scales*) sebanyak satu buah digunakan untuk menimbang sampah pada setiap transek yang telah dipilah berdasarkan komposisinya; (5) kantong plastik sampah (*trash bag*) sebanyak satu *pack* digunakan untuk menyimpan sampah yang telah dipilah dan dikumpulkan pada tiap-tiap transek.

Metode yang digunakan untuk pengukuran timbulan dan komposisi sampah pada penelitian ini yaitu metode monitoring yang dikembangkan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO)

(Schuyler *et. al.*, 2018). Metode CSIRO lebih fleksibel mengenai persyaratan lokasi monitoring serta panjang transek yang digunakan (FDC Unhas, 2019). Pada penelitian ini metode CSIRO dilakukan dengan menarik transek dari bibir pantai ke atas/secara vertikal lalu kemudian diikuti dengan melakukan pendataan sampah yang terdapat pada 1 meter di kanan dan kiri transek (Gambar 1). Jumlah transek yang dibuat adalah 2 (dua) transek dengan panjang 40 m dan jarak antara transek 50 m. Data sampah yang dikumpulkan dari setiap transek diolah secara statistik.



Gambar 1. Sketsa sampling sampah laut dengan metode CSIRO

Rekomendasi sistem pengelolaan sampah dilakukan dengan pemodelan *Integrated Waste Management 2* (IWM2). Model IWM2 merupakan perangkat lunak yang memberikan rekomendasi dalam menentukan sistem pengelolaan sampah padat yang efektif. Pemodelan sampah di WTC dilakukan dengan menggunakan 4 (empat) skenario untuk membandingkan jenis sistem pengelolaan yang ramah lingkungan berdasarkan indikator emisi udara dan pencemaran air yang dihasilkan. Parameter pencemaran udara terdiri dari Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄), dan *Global Warming Potential* (GWP). Sedangkan, parameter pencemaran air seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Suspended Solids* (SS)

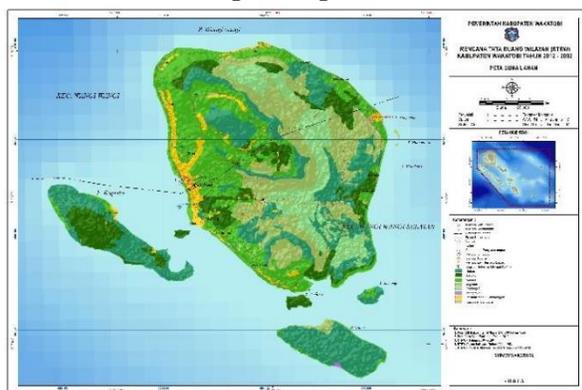
Skenario pengelolaan limbah di WTC yaitu, Skenario 1 dengan cara sampah yang dikumpulkan langsung diangkut ke TPA. Sistem pada skenario 1 merupakan sistem

pengelolaan sampah yang diterapkan di WTC saat ini. Skenario 2 dilakukan dengan cara pengelolaan sampah dipilah 25% kertas dan 50% bahan organik untuk proses pengomposan dan sisanya akan langsung di kirim ke TPA; Skenario 3 dilakukan dengan cara timbulan sampah yang dihasilkan seluruhnya akan di kirim ke TPA sama seperti Skenario 1, tetapi material yang dapat didaur ulang akan diolah di TPS3R; dan Skenario 4 dilakukan dengan cara pemilahan dan penyortiran limbah. Limbah yang masih dapat digunakan akan dilakukan kegiatan daur ulang. Selain itu, pada Skenario 4 terdapat proses pengolahan secara biologis misalnya pengomposan dan residu yang dihasilkan akan diangkut ke TPA. Pemodelan menggunakan IWM2 akan menghasilkan tingkat emisi udara dan pencemaran air masing-masing skenario. Sistem pengelolaan sampah yang menghasilkan tingkat pencemaran terendah akan dijadikan rekomendasi sistem pengelolaan sampah di WTC.

HASIL DAN BAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

WTC terletak di Desa Waha, Kecamatan Wangi-Wangi, Kabupaten Wakatobi. WTC terletak di daerah pesisir dengan panjang pantai 55 meter dan lebar 21 meter. Secara lengkap lokasi WTC ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Wilayah WTC di Peta Tata Guna Lahan Wangi-Wangi

Bentuk topografi WTC merupakan pantai yang relatif datar dengan profil pantai yang terdiri atas pasir putih dengan vegetasi pantai yaitu pohon kelapa. Pada umumnya WTC

mengalami dua kali pergantian musim yaitu musim Barat dan musim Timur yang turut mempengaruhi pergerakan sampah laut di sekitar pesisir desa Waha. Musim Barat dikendalikan angin Barat Daya yang membawa banyak hujan jatuh pada bulan Desember sampai April. Musim Timur membawa sedikit hujan yang dikendalikan angin Timur Laut yang jatuh pada bulan Juni sampai Oktober.

Wilayah WTC merupakan salah satu daerah kerja *Coral Reef Rehabilitation and Management Program* (Coremap) pada tahun 2006 yang bertujuan untuk merehabilitasi dan mengelola pemanfaatan terumbu karang secara berkelanjutan melalui pengelolaan bersama dengan pembentukan Daerah Perlindungan Laut (DPL). Persentase tutupan karang keras hidup pada DPL di Wilayah WTC adalah sebanyak 55,83% yang didominasi oleh kelompok benthic terumbu karang *Non Acropora* sebanyak 41,73% dan *Acropora* 14,10% sehingga kategori DPL Wilayah WTC termasuk kategori sedang sampai baik (Iskandar *et al.*, 2018). WTC menjadi sarana untuk pendampingan dan pemberdayaan masyarakat mengenai pentingnya menjaga terumbu karang dan ekosistem lainnya yang menjadi daya tarik utama dari wisata bahari di Wakatobi. Sehingga WTC tidak hanya berfokus pada kegiatan konservasi tetapi juga menjadi wadah kepada masyarakat untuk turut serta dalam kegiatan wisata yang berdampak pada perbaikan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat.

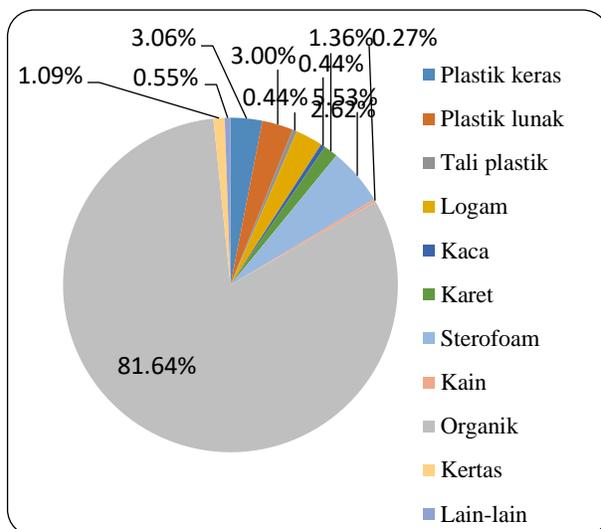
Timbulan Sampah Laut dan Sampah Darat

Timbulan sampah laut rata-rata yang dihasilkan di WTC yaitu 45,8 kg/hari. Sedangkan timbulan sampah daratan rata-rata di WTC yaitu 9,1 kg/hari. Dengan demikian, perbandingan jumlah timbulan sampah laut dan sampah daratan didominasi oleh kategori sampah laut dengan perbandingan 5:1. Besarnya timbulan sampah laut secara umum disebabkan oleh aktivitas di darat yang tidak ramah lingkungan, lokasi TPA yang dekat dengan wilayah pesisir, aliran sungai yang bermuara ke laut, pembuangan air limbah yang tidak diolah

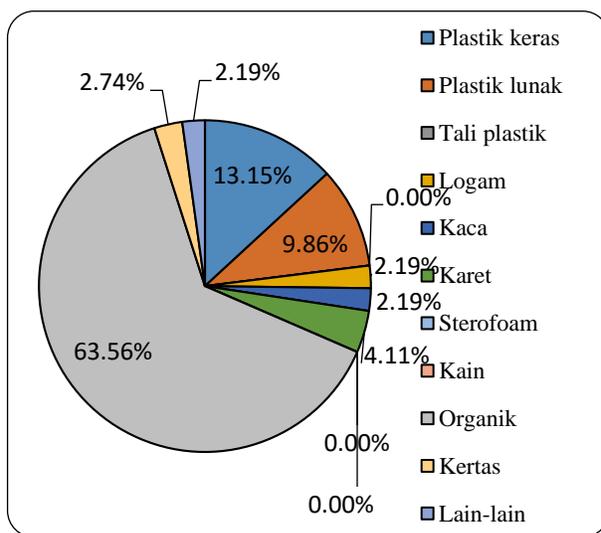
secara langsung ke badan air, aktivitas industri, aktivitas pelayaran, aktivitas pertambangan misalnya *offshore*, aktivitas tambak, dan aktivitas wisata bahari (Katsanevakis, 2008). Aktivitas wisata bahari dapat menghasilkan sampah melalui pengunjung yang membuang sampah di sembarangan tempat di wilayah pesisir. Jenis sampah yang dominan dihasilkan oleh pengunjung wisata bahari yaitu kemasan makanan, botol plastik, puntung rokok, kantong plastik, peralatan makanan, mainan pantai plastik, dan pakaian (UNEP, 2005). Sampah laut di suatu daerah dapat dengan mudah berpindah ke tempat lainnya yang dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya kondisi wilayah sekitar, arus laut, pola angin, dan karakteristik fisiografi (Donohue, 2005). Timbulan sampah laut yang tinggi telah menjadi masalah global yang dapat mengganggu estetika, gangguan pelayaran, dan dapat berdampak negatif terhadap biota (Derraik, 2012).

Komposisi sampah laut dan sampah darat

Komposisi sampah laut dan sampah daratan didominasi oleh kategori sampah organik dengan masing-masing komposisi 81,6% dan 63,6%. Salah satu penyebab sampah organik yang dominan adalah banyaknya vegetasi lamun dan pohon di wilayah WTC. Sampah organik yang ditemui terdiri atas kayu, daun, dan lamun. Sedangkan kategori sampah yang kedua yaitu jenis *Polystyrene foam* (sterofom) untuk sampah laut sebanyak 2,5 kg/hari (5,5%) dan jenis plastik keras 1,2 kg/hari (13,2%). Sampah sterofom yang dijumpai di WTC yaitu gelas minuman, kemasan makanan, dan pecahan sterofom. Sterofom merupakan jenis limbah yang memerlukan waktu ratusan tahun untuk terdegradasi di alam dan jarang didaur ulang karena tidak efektif dari aspek biaya. Sampah sterofom sering dicerna oleh burung, penyu, paus, dan hewan laut lainnya yang berdampak buruk pada kesehatan hewan laut tersebut (Katsanevakis, 2008). Secara lengkap komposisi sampah laut dan sampah daratan di WTC ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Komposisi Sampah Laut di WTC



Gambar 4. Komposisi Sampah Daratan di WTC

Dampak Sampah Terhadap WTC

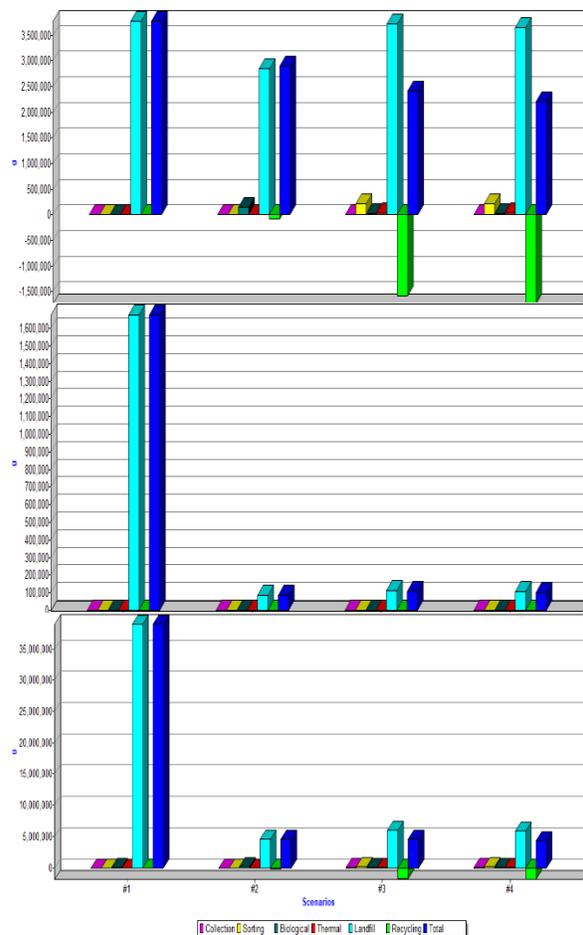
Sampah memberikan dampak negatif terhadap WTC sebagai daerah pesisir dan salah satu lokasi wisata bahari. Kenyamanan dan keamanan menjadi kondisi yang sangat penting dalam industri pariwisata (Kövári dan Zimányi, 2011). Sampah merupakan salah satu ancaman dalam kenyamanan dan keamanan yang berasal dari aktifitas manusia pada WTC. Sebagai lokasi wisata bahari dengan keunggulan daerah pesisir dan keindahan lautnya, wisawatan akan banyak melakukan aktifitas di daerah pesisir dan laut WTC. Dengan keberadaan sampah darat dan laut di area pesisir

WTC akan mengganggu aktifitas para wisatawan di lokasi tersebut. Salah satu aktifitas wisatawan di WTC adalah bermain air di pantai, *snorkeling* dan *diving*. Aktifitas tersebut tentunya sangat sensitif dengan keberadaan sampah. Apabila wisatawan melakukan kegiatan tersebut dan terdapat sampah tentunya akan sangat mengganggu kenyamanan wisatawan. Keamanan wisatawan juga terancam apabila terdapat sampah terutama material plastik keras, logam, dan kaca yang dapat melukai wisatawan saat beraktifitas di pesisir.

WTC yang fokus terhadap kegiatan konservasi dan lingkungan tentunya selalu turut menjaga kondisi kesehatan terumbu karang disekitar lokasinya. Dengan keberadaan sampah yang tidak terkelola dengan baik akan dapat mengganggu kondisi lingkungan dan kesehatan terumbu karang. Dampak negatif sampah seperti menutupi terumbu karang sehingga dapat menghalangi proses fotosintesis dan dapat termakan oleh 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 mesentrial terumbu karang. Mikroplastik yang berasal dari makroplastik menjadi bahan yang beracun apabila masuk ke dalam tubuh biota laut (Andrady, 2011) dan mengganggu kesehatan (Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband & Galloway, T.S., 2011) seperti hati di ikan (Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., and Kaye, S., 2013). Potongan plastik dapat berpindah dari konsumen I ke konsumen ke II (Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S., 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 membahayakan kesehatan terutama jika terjadi pada ibu hamil dan anak-anak (Halden, 2010). Dampak sampah daratan dan laut terhadap WTC dapat mempengaruhi aktivitas wisatawan sehingga diperlukan sistem pengelolaan sampah yang

efektif demi mencegah terjadinya pencemaran di wilayah pesisir.

Rekomendasi pengelolaan Sampah di WTC



Gambar 5. Konsentrasi Emisi Udara dari Pengelolaan Sampah di WTC (A) Gas Karbon Dioksida, (B) Gas Metana, (C) *Global Warming Potential*

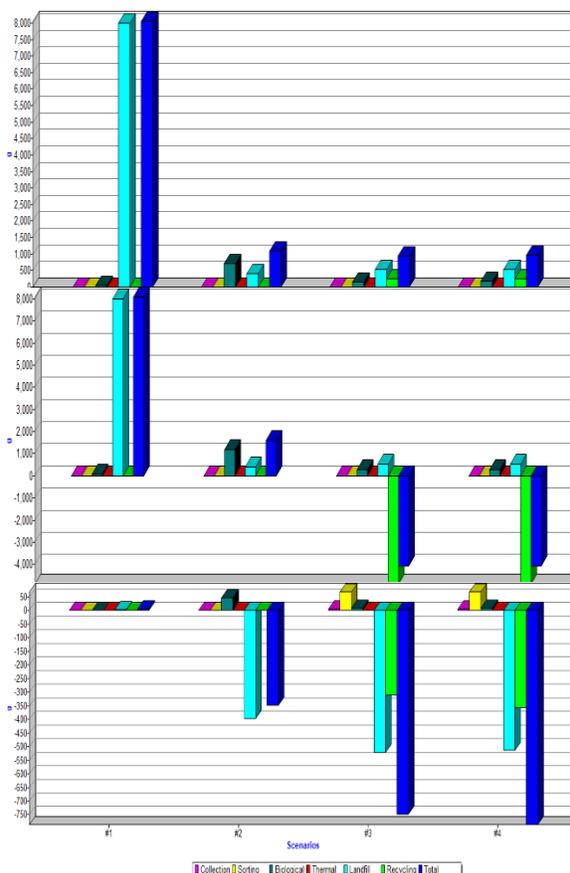
Pengelolaan sampah saat ini di WTC dengan metode konvensional yaitu pengumpulan, pengangkutan dan pemrosesan akhir di TPA tidak sesuai dengan PP 82 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi pengelolaan sampah yang efisien menggunakan metode IWM2. Indikator efisiensi pengelolaan sampah berdasarkan tingkat pencemaran udara dan pencemaran air yang dihasilkan dari masing-masing skenario. Pemodelan

pencemaran udara dan pencemaran air merepresentasikan konsentrasi parameter pencemar yang dihasilkan oleh sistem pengelolaan sampah. Sistem pengelolaan sampah yang dimodelkan terdiri dari tahap pengumpulan, pemilahan, pengolahan biologis, pengolahan termal, dan tempat pembuangan akhir. Setiap tahapan menghasilkan tingkat pencemaran sehingga dapat diperoleh total pengemaran yang dihasilkan masing-masing skenario seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 5, sistem pengelolaan sampah yang paling sesuai diterapkan di WTC yaitu Skenario 4 dengan estimasi tingkat emisi udara masing-masing CO₂ sebesar 2.204.947 gr/tahun; CH₄ sebesar 103.844 gr/tahun; dan GWP sebesar 4.349.803 gr/tahun. Selain itu, sistem pengelolaan sampah saat ini dapat menghasilkan emisi udara masing-masing CO₂ sebesar 3.775.345 gr/tahun; CH₄ sebesar 1.675.021 gr/tahun; dan GWP sebesar 38.950.813 gr/tahun. Sistem pengelolaan saat ini dapat menyebabkan penurunan kualitas udara, pencemaran air tanah, air lindi, dan gangguan kenyamanan (El-Salam & Abu-Zuid, 2014). Sistem pengelolan sampah dengan mengandalkan TPA akan menghasilkan pencemaran udara khususnya CH₄ dan CO₂. Selain itu, pencemaran air tanah juga dapat terjadi melalui infiltrasi air lindi. Tingkat pencemaran air lindi sangat tinggi berdasarkan konsentrasi BOD₅ 26.379-27.000 mg/l, COD 36.413-51.200 mg/l, TSS 14 mg/l, dan Fe²⁺ 74-97,8 mg/l (Fauziah, S. H., Izzati, M. N., & Agamuthu, P., 2013). Penurunan kualitas udara dan air dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat di sekitar TPA sehingga diperlukan perubahan sistem pengelolaan sampah.

Pemodelan IWM2 juga menghasilkan data konsentrasi pencemaran air dari masing-masing skenario pengelolaan sampah. Berdasarkan Gambar 2, sistem pengelolaan sampah yang paling sesuai juga skenario 4 dengan tingkat pencemaran masing-masing BOD sebesar 961 gr/tahun; COD sebesar -4.069 gr/tahun; dan SS sebesar -787 gr/tahun.

Sedangkan, sistem pengelolaan sampah saat ini menghasilkan tingkat pencemaran masing-masing BOD sebesar 8.049 gr/tahun; COD sebesar 8.077 gr/tahun; dan SS sebesar 5 gr/tahun. Secara lengkap tingkat pencemaran air yang dihasilkan masing-masing skenario pengelolaan sampah ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konsentrasi Pencemaran Air dari Pengelolaan Sampah di WTC (A) BOD; (B); COD; dan (C) SS

Penerapan pengelolaan sampah sesuai dengan skenario 4 dapat mereduksi tingkat emisi udara dengan estimasi masing-masing CO₂ sebesar 1.570.398 gr/tahun; CH₄ sebesar 1.571.177 gr/tahun; dan GWP sebesar 34.601.010 gr/tahun. Selain itu, Skenario 4 juga dapat mereduksi tingkat pencemaran masing-masing BOD sebesar 7.088 gr/tahun; COD sebesar 12.146 gr/tahun; dan SS sebesar 792 gr/tahun. Sehingga sistem pengelolaan sampah

yang sesuai untuk diterapkan di WTC yaitu dengan proses daur ulang, pengolahan biologis, dan membawa residu ke TPA. Sistem ini sesuai dengan hasil pemodelan pengelolaan sampah di Wilayah Pesisir Waha Raya (*Tassakka, M. I., Admaja, A. K., Alsita, I., Runtu, K. G., & Rahmadani, M.*, 2019).

SIMPULAN

Jumlah rata-rata timbulan sampah yang dihasilkan di WTC yaitu 45,8 kg/hari untuk sampah laut dan 9,1 kg/hari untuk sampah daratan. Komposisi pada kedua timbulan sampah tersebut didominasi oleh material sampah organik (81,6% pada sampah laut dan 63,6% pada sampah daratan). Berdasarkan pemodelan menggunakan IWM2, rekomendasi pengelolaan sampah di WTC adalah dengan menggunakan skenario 4, yang meliputi pemilahan sampah, penyortiran, daur ulang, pengolahan secara biologis, dan pengangkutan ke TPA jika terdapat residu.

DAFTAR PUSTAKA

Aminuddin I., Krishnadiyanti D., Ayukur AG., Dian IA. 2016. Panduan Pengembangan Akomodasi Wisata Ramah Lingkungan – Seri Jejak Ekologis. Jakarta: WWF Indonesia

Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the Marine Environment. *Marine pollution bulletin*. 62:1596-1605.

Angiolillo, M., di Lorenzo, B., Farcomeni, A., Bo, M., Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau, A., Mastascusa, V., Sacco, F., and Canese, S. 2015. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 149-159.

BPS Kabupaten Wakatobi. 2018. Kabupaten Wakatobi dalam Angka 2018. Wakatobi: Badan Pusat Statistik Kabupaten Wakatobi.

Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., and Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.

Bergmann, M., and Klages, M. 2012. Increase of litter at the Arctic deep-sea observatory HAUSGARTEN. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2734–2741.

Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., and Moore, C. J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine pollution bulletin*, 60(12), 2275-2278.

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.

CSIRO. 2014. Marine debris. Sources, distribution and fate of plastic and other refuse – and its impact on ocean and coastal wildlife. <https://www.csiro.au/en/Research/OandA/Areas/Marine-resources-and-industries/Marine-debris> diakses pada tanggal 29 Agustus 2019 pukul 21.59.

Derraik. 2012. The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: a Review. *Marine Pollution Bulletin*, 842-852.

Donohue, M. 2005. Eastern Pacific Ocean Source of Northwestern Hawaiian Islands Marine Debris Supported by Errant Fish Aggregating Device. *Marine Pollution Bulletin*, 886-888.

El-Salam, M. M., & Abu-Zuid, G. I. (2014). Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *Journal of Advanced Research*, 579-586.

Farrell, P. & Nelson, K., 2013. Trophic Level Transfer of Microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ. Pollut.* 177 :1-3.

Fauziah, S. H., Izzati, M. N., & Agamuthu, P. 2013. Toxicity on *Anabas Testudineus*: a case study of sanitary landfill leachate. *International Symposium on Environmental Science and Technology*, 14-19.

Foale, S., Adhuri, D., Aliño, P., Allison, E. H., Andrew, N., Cohen, P., Evans, L., Fabinyi, M., Fidelman, P., Gregory, C., Stacey, N., Tanzer, J., & Weeratunge, N. (2013). Food

- security and the Coral Triangle Initiative. *Marine Policy*. 38.174-183
- Galgani, F., Piha, H., Hanke, G., Werner, S., and GES MSFD group. 2011. Marine litter: Technical recommendations for the implementation of MSFD requirements. EUR 25009 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2011. JRC67300. (<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/22826>)
- Gall, S. C., and Thompson, R. C. 2015. The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- 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.
- Iskandar, I., Irawan, A.N., Sadarun, B. 2018. Kajian Tingkat Efektivitas Pengelolaan Daerah Perlindungan Laut Berbasis Masyarakat Desa Waha Kabupaten Wakatobi Indonesia. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan Vol 2 No. 2.* 76-86.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Lavend, K., and Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347 (6223) (2015), pp. 728-771
- Katsanevakis, S. 2008. Marine Debris, A Growing Problem: Sources, Distribution, Competition, And Impact. *Marine Pollution: New Research*, 53-100.
- Khalik, W. 2014. "Kajian Kenyamanan dan Keamanan Wisatawan di Kawasan Pariwisata Kuta Lombok". *Jumpa*, Vol. 01, hal. 23-42. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.15.1.37>
- Kövári, István dan Zimányi, Krisztina. 2011. *Safety and Security in the Age of Global Tourism (The changing role and conception of Safety and Security in Tourism)*. Budapest. Anginiform Publishing House.
- Menteri Kehutanan. 1996. SK Menhut No.393/KPTS-VI/1996, tentang Penunjukan Kawasan Kepulauan Wakatobi Dan Perairan Laut Di Sekitarnya Di Kabupaten Daerah Tingkat II Buton, Propinsi Daerah Tingkat I Sulawesi Tenggara Seluas ± 1.390.000 (Satu Juta Tiga Ratus Sembilan Puluh Ribu) Hektar Sebagai Taman Nasional Kawasan Wakatobi sebagai Taman Nasional Laut. Tanggal 30 Juli 1996.
- _____. 2002. SK Menhut No. 7651/KPTS-II/2002. Penetapan Kawasan Kepulauan Wakatobi dan Perairan Laut di Sekitarnya Seluas 1.390.000 (Satu Juta Tiga Ratus Sembilan Puluh Ribu) Hektar, Yang Terletak di Kabupaten Buton, Propinsi Sulawesi Tenggara Sebagai Taman Nasional. Tanggal 19 Agustus 2002.
- Murray, F., and Cowie, P. R. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine pollution bulletin*, 62(6), 1207-1217.
- Pet-Soede L., and Erdmann M. V. 2003. *Rapid Ecological Assessment Wakatobi National Park*. WWF and TNC Joint Publication. Denpasar. 187 pp.
- Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., do Sul, J. A. I., and Dantas, D. V. 2011. Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. *Marine pollution bulletin*, 62(5), 1098-1102.
- Ramirez-Llodra, E., De Mol, B., Company, J. B., Coll, M., and Sardà, F. 2013. Effects of natural and anthropogenic processes in the distribution of marine litter in the deep Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 118, 273-287.
- Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., and Kaye, S. 2013. Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris. *Environmental Science and Technology*, 47(3), 1646-1654.
- Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. Nomor B-652/Seskab/Maritim/11/2015 tanggal 6 November 2015. *Arahan Presiden Mengenai Pariwisata*. Jakarta.

- Tassakka, M. I., Admaja, A. K., Alsita, I., Runtu, K. G., & Rahmadani, M. 2019. Analisis Dan Pemodelan Pencemaran Timbulan Sampah Menggunakan Aplikasi Integrated Waste Management 2 (IWM2) Di Kawasan Pesisir Waha Raya, Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Airaha*, 10.
- Thiel, M., Hinojosa, I. A., Miranda, L., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., and Vásquez, N. 2013. Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*, 71, 307–316.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., and Swan, S. H. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166.
- Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., and Öztürk, B. 2013. Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research*, 85, 21–28.
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014. 2014. Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil.
- UNEP. 2005. UNEP Regional Seas Programme, Marine Litter and Abandoned Fishing Gear, Report to the Divion of Ocean Affairs and the Law of the Sea. Nairobi: Regional Seas Coodinationg Office, UNHQ.
- UNESCO. 2015. Man and The Biosphere Programme Biannual Activity Report 2012 – 2013. Division of Ecological and Earth Sciences UNESCO. Paris. 35 p.
- UNESCO. 2019. Final Report: International Co-ordinating Council of the Man and the Biosphere (MAB) Programme Thirty-first session. United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization. Paris. 104 p.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370193>
- United Nations Environmental Programme (KE). 2005. Marine Litter: An Analytical Overview
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., and Janssen, C. R. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499.
- Veron, J. C. E., DeVantier, L. M., Turak, E., Green, A. L., Kininmonth, S., StaffordSmith, M., & Peterson, N. (2011). The coral triangle. In *Coral reefs: an ecosystem in transition* (pp. 47-55). Springer, Dordrecht.
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A.D., Narayanaswamy, B.E., and Thompson, R. C. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317.
- 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.
- WWF-Indonesia. 2015. Sampah Limbah, Energi, Air, Konsumsi. Seri Jejak Ekologis, Best Environmental Equitable Practices. Jakarta: WWFIndonesia.