



**Potensi pariwisata dan penanggulangan *marine debris* di kawasan pesisir  
Kabupaten Pangandaran**

*Tourism potential and management of marine debris in the coastal area  
of Pangandaran Regency*

Gagan Aditya Fauzan<sup>1\*</sup>, Dewi Trisnawati Malik<sup>1</sup>, Lommi Dida Kini<sup>1</sup>, Dewi  
Narwastu Ramba<sup>1</sup>  
Institut Teknologi Bandung

*E-mail: gaganaditya197@gmail.com*

**ABSTRAK**

Kabupaten Pangandaran merupakan daerah potensial untuk menjadi kawasan wisata global. Namun untuk mencapainya selain memaksimalkan potensi, perlu untuk memperhatikan dampak dari kegiatan pariwisata di kawasan pesisir yang salah satunya adalah permasalahan *marine debris*. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kualitatif deskriptif dari pengolahan data sekunder. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi dan rekomendasi dari beberapa literatur yang relevan dengan program pelestarian kawasan pariwisata. Studi ini menyimpulkan bahwa Kabupaten Pangandaran memiliki potensi sumber daya alam dengan adanya keanekaragaman *geodiversity*, hayati, dan karakteristik pantai. Akses yang terbatas, minimnya promosi, rendahnya anggaran, dan rendahnya kualitas pelayanan menjadi beberapa kelemahan yang menghambat perkembangan pariwisata. Dengan pemodelan DPSIR kajian ini mengulas beberapa respon terhadap permasalahan sampah dengan memberikan beberapa poin alternatif penanganan *marine debris* seperti implementasi teknologi, pemanfaatan *marine debris*, dan kerjasama secara menyeluruh baik pemerintah maupun masyarakat.

**Kata Kunci:** Potensi Wisata Kabupaten Pangandaran, *Marine debris*, DPSIR.

**ABSTRACT**

*Pangandaran Regency is a potential area to become a global tourism area. However, to achieve this besides maximizing potential, it is necessary to pay attention to the impact of tourism activities in coastal areas, one of which is the problem of marine debris. The research method used in this study is a descriptive qualitative method of secondary data processing. This study aims to identify the potential and recommendations from several kinds of literature that are relevant to the tourism area preservation program. This study concludes that Pangandaran Regency has natural resource potential with the existence of geodiversity, biodiversity, and coastal characteristics. Limited access, lack of promotion, low budget, and low quality of service are some of the weaknesses that hinder tourism development. With DPSIR modeling, this study reviews several responses to the waste problem by providing several alternative points for handling marine debris as technology implementation, utilization of marine debris, and overall collaboration between the government and the community.*

**Keywords:** *Tourism Potential of Pangandaran Regency, Marine debris, DPSIR.*



## I. Pendahuluan

Kabupaten Pangandaran merupakan wilayah paling tenggara di Provinsi Jawa Barat, dengan luas wilayah Kabupaten Pangandaran adalah seluas 101.092 Ha. Letak geografis Kabupaten Pangandaran berada pada 108°30' sampai 108°40' Bujur Timur dan 7°40'20" sampai 7°50'20" Lintang Selatan. Kabupaten Pangandaran terdiri dari sepuluh kecamatan dengan enam diantaranya berbatasan langsung dengan garis pantai samudera Indonesia yang memiliki panjang garis pantai mencapai 91 km (BPS Kabupaten Pangandaran, 2022). Berdasarkan Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Provinsi Jawa Barat Tahun 2016-2025 Kabupaten Pangandaran merupakan salah satu sentra Destinasi Pariwisata di Provinsi Jawa Barat bagian selatan.

Salah satu pantai yang paling populer di Kabupaten Pangandaran adalah Pantai Pangandaran (Disparbud, 2020). Kontur pesisir pantai yang luas, infrastruktur yang memadai, dan pilihan wisata yang beragam menjadikan Pantai Pangandaran sebagai salah satu destinasi wisata di Provinsi Jawa Barat yang memiliki daya tarik tersendiri bagi para wisatawan baik lokal maupun mancanegara (Ashruri, 2020). Pantai barat merupakan inti dari pantai pangandaran (Disparbud, 2020). Banyak wisatawan berkumpul di Pantai Barat untuk sekedar berfoto, naik perahu, berselancar, bermain bola, dan berenang. Selain kawasan wisata Pantai Pangandaran juga merupakan pusat dari komoditas perikanan tangkap di Kabupaten Pangandaran, tepatnya di Pantai Timur (Kurniasih *et al*, 2020). Maka tidak mengherankan jika selain berprofesi sebagai nelayan, beberapa warga di daerah Pantai Timur juga berprofesi sebagai pengusaha rumah makan *seafood* (BPS Kabupaten Pangandaran, 2022). Melimpahnya sumber daya ikan serta beragamnya produk olahan *seafood* menjadi potensi bagi Kabupaten Pangandaran untuk mengembangkan wisata pengolahan produk perikanan, dan wisata kuliner (Ali, 2015).

Berdasarkan data BPS (2020) tercatat Kabupaten Pangandaran merupakan salah satu Kabupaten dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sebesar 4,4% melebihi rata-rata pertumbuhan ekonomi kabupaten di Provinsi Jawa Barat yaitu sebesar 4,06%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pariwisata di Kabupaten Pangandaran terus berkembang dan memiliki potensi untuk menjadi lebih maju lagi mengingat masih banyaknya potensi yang belum dikembangkan. Meskipun demikian, meningkatnya kegiatan perekonomian di kawasan wisata di Kabupaten Pangandaran akan menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem pesisir Pangandaran jika dikelola secara konvensional dan tidak berkelanjutan (Ashruri, 2020). Salah satu dampak dari aktivitas pariwisata di kawasan pesisir adalah munculnya permasalahan sampah baik di darat maupun di laut atau biasa dikenal dengan *marine debris* (Ondara dan Dhiudin, 2020). Menurut NOAA (2013) *marine debris* adalah benda padat yang langsung atau tidak langsung dibuang dan dibiarkan begitu saja di lingkungan laut atau danau. Selain tidak elok secara estetika sampah laut juga akan berdampak negatif terhadap ekosistem di laut dan pantai. Sampah laut akan merusak ekosistem penyerap karbon seperti mangrove, padang lamun, dan terumbu karang (Sari *et al*, 2021). Wisatawan tidak mungkin beradaptasi dengan kebutuhan unik dari sistem pengelolaan sampah karena mereka hanya hadir untuk waktu yang singkat dan kegiatan konsumsi wisatawan menyebabkan timbulnya sampah yang tidak dapat dihindari (Pabilando *et al*, 2021). Maka dari itu diperlukan penanganan permasalahan sampah secara khusus yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Pangandaran, umumnya oleh seluruh negara di dunia. Hal ini



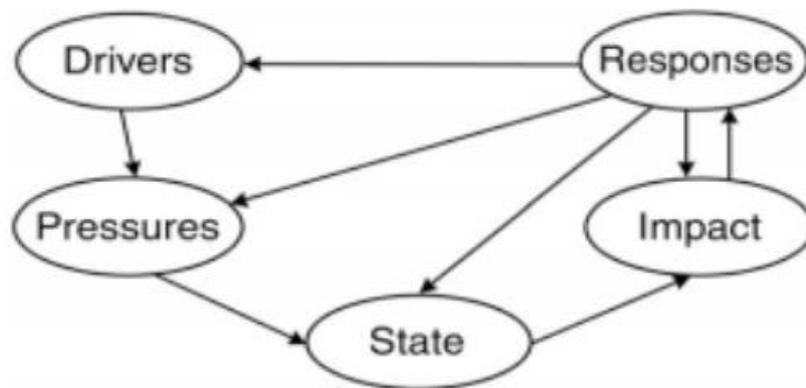
dikarenakan laut terhubung ke seluruh penjuru dunia sehingga menjadi tanggung jawab bersama.

Sedikitnya terdapat 207 objek wisata yang terdiri dari wisata alam, wisata buatan, dan wisata budaya yang tersebar di Kabupaten Pangandaran (BPS Kabupaten Pangandaran, 2022). Hal tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Pangandaran memiliki modal untuk mencapai visi dari Kabupaten Pangandaran yaitu “Kabupaten Pangandaran Sebagai Destinasi Wisata Kelas Dunia.” Namun untuk mencapai visi tersebut selain memaksimalkan potensi, perlu untuk memperhatikan dampak dari kegiatan pariwisata di kawasan pesisir yang salah satunya adalah permasalahan *marine debris*. Menurut *World Development Economics* (dalam Sari *et al*, 2021) saat ini ada lebih dari 150 juta ton plastik di lautan dengan skenario akan ada satu ton sampah plastik untuk setiap 3 ton ikan pada tahun 2025, dan akan ada lebih banyak sampah plastik daripada ikan pada tahun 2050. Masalah ini terjadi karena pengelolaan sampah yang salah saat masih di daratan (Jambeck *et al*, 2015).

Berdasarkan uraian diatas maka kajian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana potensi, kelemahan, dan rekomendasi dari kegiatan pariwisata di Kabupaten Pangandaran, serta bagaimana rekomendasi penanggulangan *marine debris* di kawasan wisata Kabupaten Pangandaran.

## II. Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah metode kualitatif dengan melakukan tinjauan literatur data sekunder. Data sekunder diperoleh dari institusi terkait, jurnal, dan beberapa bahan bacaan yang relevan agar memperkaya hasil analisis studi ini. Dalam rangka untuk mengetahui permasalahan dan keterkaitan sebab-akibat dari dampak kegiatan pariwisata di Kabupaten Pangandaran maka penelitian ini menggunakan model DPSIR. Model DPSIR dapat digunakan untuk permasalahan pengelolaan *biodiversity* yang kompleks akibat dari kerusakan habitat atau menurunnya spesies yang berhubungan dengan aktivitas sosial ekonomi masyarakat dalam skala ruang dan waktu (Cooper, 2013). Analisis DPSIR terdiri dari lima bagian yaitu: (1) *Drivers* merupakan suatu kondisi yang menyebabkan terjadinya perubahan, biasanya berupa pertumbuhan ekonomi dan sosial yang bersifat global; (2) *Pressure* adalah segala aktivitas manusia yang memberikan tekanan ataupun mempercepat terjadinya perubahan terhadap kondisi awal lingkungan; (3) *State* didefinisikan sebagai kualitas lingkungan seperti air, tanah, udara, dan lain sebagainya. *State* merupakan konsekuensi dari *pressures* yang mendorong manusia untuk melakukan kegiatan yang berdampak pada berubahnya kualitas lingkungan untuk memenuhi kebutuhan; (4) *Impact* merupakan dampak yang timbul dengan adanya isu dan penanggulangan isu; (5) *Response* merupakan usaha yang dilakukan oleh masyarakat lokal maupun pemerintah dalam menyelesaikan permasalahan seperti yang dideskripsikan dalam keempat komponen lain (Giupponi, 2002). Adapun kerangka DPSIR dapat dilihat pada gambar 1 pada halaman selanjutnya.

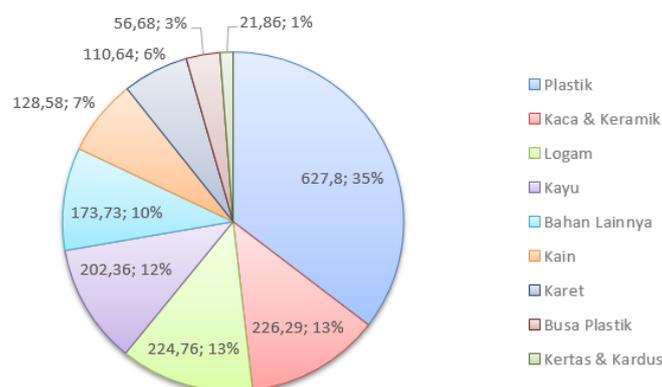


Gambar 1. Kerangka Model DPSIR (Smeeth &amp; Weterings, 1999)

### III. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. *Marine debris* di Indonesia

*Marine debris* adalah benda padat yang langsung atau tidak langsung dibuang dan dibiarkan begitu saja di lingkungan laut atau danau (NOAA, 2013). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) per meter persegi laut di Indonesia dicemari oleh sampah sekitar 1.772,7 gram sampah. Indonesia merupakan negara negara kelautan dengan total luas keseluruhan mencapai 3,25 juta km<sup>2</sup> sehingga dapat dikalkulasikan jumlah *marine debris* di Indonesia secara keseluruhan mencapai 5,75 juta ton (KLHK, 2020). Adapun data bobot *marine debris* di Indonesia dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:

Gambar 2. Bobot *Marine debris* Berdasarkan Jenis di Indonesia (Sumber: Data KLHK tahun 2020)

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat sebagian besar *marine debris* di Indonesia didominasi oleh sampah plastik dengan persentase sebesar 35,4% dari total keseluruhan dengan bobot sebesar 627,8 g/m<sup>2</sup>; sampah logam 224,76 g/m<sup>2</sup>; sampah kayu 202,36 g/m<sup>2</sup>; sampah lainnya 173,73 g/m<sup>2</sup>; sampah karet 110,64 g/m<sup>2</sup>; sampah busa plastik 56,68 g/m<sup>2</sup>; serta sampah kertas dan kardus sebesar 21,86 g/m<sup>2</sup>. Menurut data SIPSN (2021) sebesar 32,77% sampah di Indonesia belum dikelola dengan baik dan dibuang ke lingkungan salah satunya sungai. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh



*World Bank* (2018) yang menghasilkan angka 30-50% sampah di Indonesia dibuang ke sungai dan terdistribusi mengalir mencemari laut.

### 3.2. Kebijakan pengurangan sampah laut di Indonesia

Dasar dari regulasi penanggulangan sampah di Indonesia termaktub dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Secara spesifik regulasi penanggulangan sampah termaktub dalam Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut. Secara garis besar Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2018 merumuskan rencana aksi untuk menanggulangi permasalahan sampah laut di Indonesia dalam bentuk Rencana Aksi Nasional (RAN) Pengelolaan Sampah Plastik di Laut pada tahun 2017-2025. Terdapat 5 strategi dalam Rencana Aksi Nasional tersebut antara lain: (1) Gerakan nasional meningkatkan kesadaran para pemangku kepentingan; (2) Pengelolaan sampah dari darat; (3) Penanggulangan sampah di laut dan pesisir; (4) Penguatan mekanisme pendanaan, pengawasan, penguatan kelembagaan, dan penegakan hukum; (5) Pengembangan dan penelitian (KKP, 2018).

### 3.3. Potensi wisata kabupaten Pangandaran

#### Potensi *geodiversity* Kabupaten Pangandaran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al* (2020) Kabupaten Pangandaran memiliki potensi untuk menjadi *geopark* kelas dunia dikarenakan keanekaragaman *geodiversity* yang menarik. Sesuai Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2019 Tentang Pengembangan Geopark, Keanekaragaman Geologi adalah gambaran keunikan komponen geologi seperti mineral, batuan, fosil, struktur geologi, dan bentang alam yang membentuk kekayaan intrinsik suatu wilayah dan adanya kekayaan persebaran, serta kondisi yang dapat mewakili kondisi geologi. Lebih lanjut Putra *et al* (2020) memaparkan beberapa sumber daya geologi potensial di Kabupaten Pangandaran antara lain Green Canyon, Gua Lanang, dan Air Terjun Bojong.

#### Potensi keanekaragaman hayati

Berdasarkan studi literatur dari hasil penelitian yang dilakukan Muladi *et al*, (2018) terkait keanekaragaman jenis burung REEPS (*Rare, Endangered, Endemic, Protected Species*) di Kabupaten Pangandaran jumlah jenis burung yang ditemukan sebanyak 45 jenis dari 24 famili dengan 14 jenis burung yang ditemukan di dua lokasi yaitu Cagar Alam Pananjung Pangandaran dan Desa Kertayasa. Kemudian keanekaragaman jenis burung dan jumlah burung yang berstatus dilindungi berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 7 Tahun 1999 dan CITES Apendiks I dan II di Kawasan Cagar Alam dan Kawasan Wisata Alam Pananjung lebih tinggi dibandingkan di kawasan non konservasi Cijulang (Putra *et al*, 2020). Selain itu berdasarkan data Disparbud Pangandaran (2022) saat ini terdapat 7 jenis penyu yang dikonservasi oleh Kabupaten Pangandaran antara lain: Penyu Hijau (*Chelonia mydas*); Penyu Sisik (*Eretmochelys imbricata*); Penyu Kemp's ridley (*Lepidochelys kempfi*); Penyu Lekang (*Lepidochelys olivacea*); Penyu Belimbing (*Dermochelys coriacea*); Penyu Pipih (*Natator depressus*); serta Penyu Tempayan (*Caretta caretta*) dan lima dari tujuh spesies yang ada di dunia terdapat di penangkaran penyu Batu Hiu. Hingga saat ini penangkaran atau konservasi penyu di

Pangandaran dikelola oleh Kelompok Pelestari Biota Laut (KPBL) yang berada di kawasan wisata Batu Hiu (Disparbud, 2022).

### Potensi wisata pantai

Berdasarkan data BPS Kabupaten Pangandaran (2022) pembangunan infrastruktur masih terfokus di salah satu titik yaitu Pantai Pangandaran. Padahal tidak hanya itu, berdasarkan data Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Pangandaran (2022) terdapat delapan titik pantai yang memiliki keunikan yang potensial. Adapun keunikan kedelapan pantai tersebut dapat dilihat pada tabel 1.0.

Tabel 1. Karakteristik Pantai-Pantai di Kabupaten Pangandaran (Disparbud, 2022)

Nama Pantai	Keunikan
Pantai Timur Pangandaran	Merupakan <i>spot sunrise</i> , <i>water sport</i> seperti <i>banana boat</i> , wisata kuliner, pusat aktifitas lokal para nelayan, dan pasar ikan-ikan segar hasil tangkapan.
Area Kampung Turis	Terdapat <i>caffe</i> untuk bercengkrama dengan menu bervariasi baik asia maupun eropa.
Pantai Karapyak	Hamparan pasir putih dan bebatuan karang di sepanjang pantai.
Pantai Karang Nini	Hamparan batu karang, sumur tujuh yang dipercaya untuk menjadi awet muda, dan hutan mangrove.
Pantai Karang Tirta	Merupakan spot terbaik untuk <i>hunting</i> foto <i>instagramable</i> .
Pantai Batu Hiu	Pesona laut lepas dengan batu karang menyerupai hiu yang menjorok ke laut .
Pantai Batukaras	Merupakan salah satu spot terbaik untuk melakukan olahraga <i>surfing</i> .
Pantai Madasari	Pantai dengan batu karang yang menjulang tinggi.

### 3.4. Kelemahan dan rekomendasi pengembangan pariwisata Kabupaten Pangandaran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hasibuan (2020) terdapat beberapa kelemahan yang menghambat proses percepatan pengembangan wisata di Kabupaten Pangandaran antara lain: akses ke Kabupaten Pangandaran yang kurang memadai, minimnya fasilitas umum (tempat sampah, kamar bilas, dll), promosi wisata yang belum



maksimal, rendahnya anggaran pengelolaan wisata serta diperkuat dengan rendahnya pajak terhadap pelaku usaha, minimnya *spot iconic*, dan rendahnya kesadaran pengelolaan *marine debris* baik oleh pemerintah maupun masyarakat. Selain itu penelitian Ratnasari *et al* (2019) menyoroti bahwa tingkat kepuasan wisatawan terhadap pelayanan di lokasi wisata di Kabupaten Pangandaran cenderung rendah. Sedangkan indikator yang disorot dalam penelitian Ratnasari *et al* (2019) adalah asuransi yang belum memadai bahkan tidak ada; empati yang rendah dikarenakan tidak memadainya pusat informasi untuk penyampaian informasi mendesak seperti anak hilang dan air pasang; keandalan yang minim yaitu tidak memadainya fasilitas warning terhadap situasi darurat; dan responsibilitas yang kurang memadai dikarenakan minimnya pos pusat pelayanan terpadu.

Ratnasari *et al* (2019) memberikan beberapa poin rekomendasi mengenai pengembangan pariwisata Kabupaten Pangandaran antara lain: minimal setiap 300 m terdapat pos pelayanan terpadu; mengadakan program pelatihan snorkling agar memberikan rasa aman terhadap wisatawan; perlunya standarisasi penginapan untuk meningkatkan daya saing dan kualitas pelayanan; serta perlunya sosialisasi dan paket wisata yang menarik yang menghimpun beberapa wisata sekaligus. Hal ini juga diperkuat dengan rekomendasi yang dilakukan oleh Hasibuan (2020) bahwa pentingnya promosi dengan penggunaan media sosial untuk mengekspos *spot iconic* Kabupaten Pangandaran. Keanekaragaman *geodiversity* dan keanekaragaman hayati dapat dimaksimalkan menjadi kawasan *geopark* Kabupaten Pangandaran sehingga dapat menjadi kawasan wisata alam serta edukasi bagi generasi muda (Putra *et al*, 2020). Selain itu revitalisasi jalur kereta api juga dapat menjadi alternatif dan daya tarik tersendiri bagi Pariwisata Kabupaten Pangandaran (Hasibuan, 2020).

### 3.5. *Marine debris* di Kabupaten Pangandaran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ashruri dan Kustiasih (2020) ditemukan bahwa sampah yang dihasilkan oleh kegiatan pariwisata banyak didominasi oleh sampah sisa makanan dan sampah dapur sebesar 44,68%, serta sampah daun sebesar 13,48%. Sampah tersebut sebagian besar diproduksi oleh aktivitas wisatawan di perhotelan dan warung makan. Detailnya berdasarkan hasil pengukuran Ashruri dan Kustiasih (2020) rata-rata sampah dihasilkan dari hotel berbintang dan hotel melati masing-masing adalah 0,97 kg/tempat tidur/hari dan 1,23 kg/tempat tidur/hari dengan densitas 243 kg/m<sup>3</sup> untuk hotel berbintang dan 310,71 kg/m<sup>3</sup> untuk hotel melati. Sedangkan rata-rata timbulan yang dihasilkan dari rumah makan di Pantai Pangandaran adalah 0,21 kg/kursi/hari. Densitas sampah yang berasal dari rumah makan adalah 264,22 kg/m<sup>3</sup>. Selanjutnya Ashruri dan Kustiasih (2020) menemukan bahwa sampah bawaan laut didominasi oleh sampah plastik dengan persentase sebesar 28,32%, batok kelapa sebesar 27,33%, dan batang kayu sebesar 25,15%.

### 3.6. Analisis DPSIR *marine debris* di Kabupaten Pangandaran

#### *Driving Force*

*Drivers* merupakan suatu kondisi yang menyebabkan terjadinya perubahan (Giupponi, 2002). *Drivers* dalam kajian ini terbagi menjadi beberapa poin. Pertama pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya mengakibatkan konsekuensi terhadap meningkatnya jumlah serta macam limbah yang dihasilkan (World Bank, 2017). Kedua peningkatan kegiatan pariwisata di Kabupaten Pangandaran tidak dibarengi dengan penambahan tempat pembuangan sampah di kawasan wisata sehingga menyebabkan penumpukan sampah (Nuryaman, 2019). Ketiga minimnya pengetahuan baik dari masyarakat maupun pemerintah mengakibatkan pengelolaan sampah menjadi tidak tepat (Permana *et al*, 2022).

### *Pressures*

*Pressures* dalam analisis ini adalah segala aktivitas manusia yang memberikan tekanan ataupun mempercepat terjadinya perubahan terhadap kondisi awal lingkungan (Giupponi, 2002). Pertama kemajuan teknologi membuat komunikasi antar individu menjadi sangat singkat, tak terkecuali dengan pelaku usaha. Selain praktis dalam hal penyediaan makanan dengan cepat, praktik tersebut juga secara praktis meningkatkan volume sampah (Ambarsari, 2021). Kedua adalah gaya hidup, salah satu penyumbang sampah plastik terbesar di Indonesia berasal dari pabrik-pabrik minuman yang dikonsumsi oleh penduduk (Salim *et al*, 2020). Tingginya penggunaan bahan plastik untuk kebutuhan sehari-hari menjadi salah satu penyebab sampah laut yang perlu ditanggulangi sebagai bagian dari tanggung jawab lingkungan dari produsen yang membuat produk menggunakan plastik melalui *Expanded Producer Responsibility* (EPR) (Sari *et al*, 2021). Ketiga adalah kebiasaan buruk masyarakat membuang sampah ke lingkungan yang masih mendarah daging (Nuryaman, 2022). Selanjutnya Nuryaman (2022) menjelaskan selain masyarakat, nelayan juga belum memiliki kesadaran akan pentingnya lingkungan dengan ikut serta menyumbang sampah ke laut. Adapun contoh dari *pressure* poin yang ketiga dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Penampakan sampah buangan masyarakat di Kawasan Pantai Pangandaran (Sumber: Detik News)

### *State*

*State* merupakan konsekuensi dari *pressures* yang mendorong manusia untuk melakukan kegiatan yang berdampak pada berubahnya kualitas lingkungan untuk memenuhi kebutuhan (Giupponi, 2002). Cairan rembesan sampah yang masuk ke laut akan mencemari air sehingga organisme termasuk ikan dapat mati yang mengakibatkan

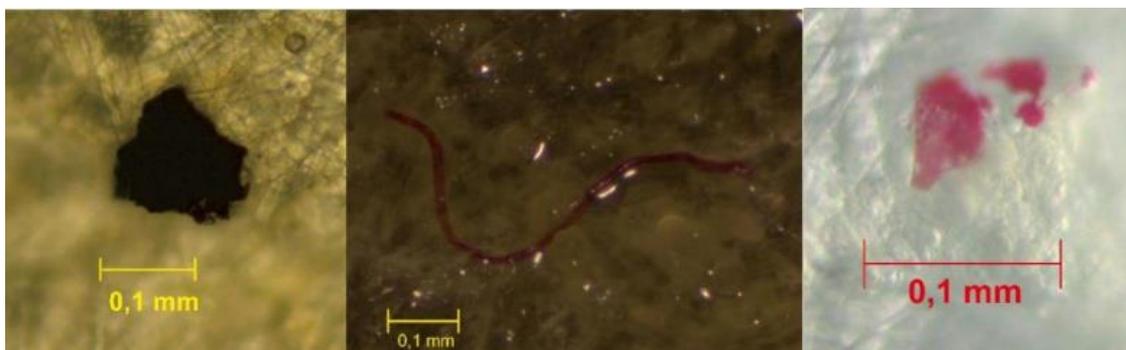
terganggunya ekosistem perairan biologis (Suprihatin *et al*, 2009). Selain cairan rembesan, *marine debris* berbentuk plastik di dalam laut dengan adanya terik matahari dan kandungan garam akan mengubah sampah plastik menjadi *nano plastic* (Hanggono, 2020). Selanjutnya Hanggono (2020) menjelaskan *nano plastic* tersebut mengandung *Oligomers Chemical Fragment* yang dapat meracuni ikan.

Selain itu sebagian besar sampah dibuang dan ditumpuk pada suatu tempat, sampah yang menumpuk menghasilkan gas metana dan emisi karbon dioksida sehingga menimbulkan efek rumah kaca (Sudarman, 2010). Pembakaran sampah juga dapat menghasilkan gas rumah kaca, seperti  $N_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO_x$  dan karbon organik (Johnke, 2000). Efek rumah kaca berlebihan biasa disebut dengan pemanasan global (Anon, 1997). Pemanasan global tersebut menyebabkan penipisan lapisan ozon serta mencairnya es di kutub sehingga dapat meningkatnya permukaan air laut (Sudarman, 2010).

### **Impact**

*Impact* merupakan dampak yang timbul dengan adanya isu dan penanggulangan isu (Giupponi, 2002). Selain berdampak terhadap lingkungan, pengelolaan sampah yang masih belum optimal ini menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap manusia itu sendiri (Suprihatin *et al.*, 1996). *Marine debris nano plastic* dengan kandungan *Oligomers Chemical Fragment* selain dapat meracuni ikan juga berbahaya bagi manusia (Hanggono, 2020). Hal ini dikarenakan 82% ikan dan 90% garam meja yang dikonsumsi manusia telah terkontaminasi oleh *microplastic* (Hanggono, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh (Ismail *et al*, 2019) di Pantai Pangandaran menemukan *microplastic* di saluran pencernaan semua ikan dengan jenis *microplastic* fragmen sebesar 49,74%, film sebesar 27,46%, dan serat sebesar 22,8% dengan ukuran mulai dari 0,12 hingga 5 mm. Selanjutnya penelitian Boerger, Lattin, Moore, & Moore, 2010; Kolandhasamy *et al.*, 2018; Setälä *et al.*, 2014 (dalam Ismail *et al*, 2019) menjelaskan bahwa penyebab masuknya *microplastic* ke saluran pencernaan adalah karena salah mangsa atau tidak sengaja dikonsumsi oleh ikan. Adapun jenis *microplastic* yang ditemukan di laut pesisir pangandaran dapat dilihat pada gambar 4.



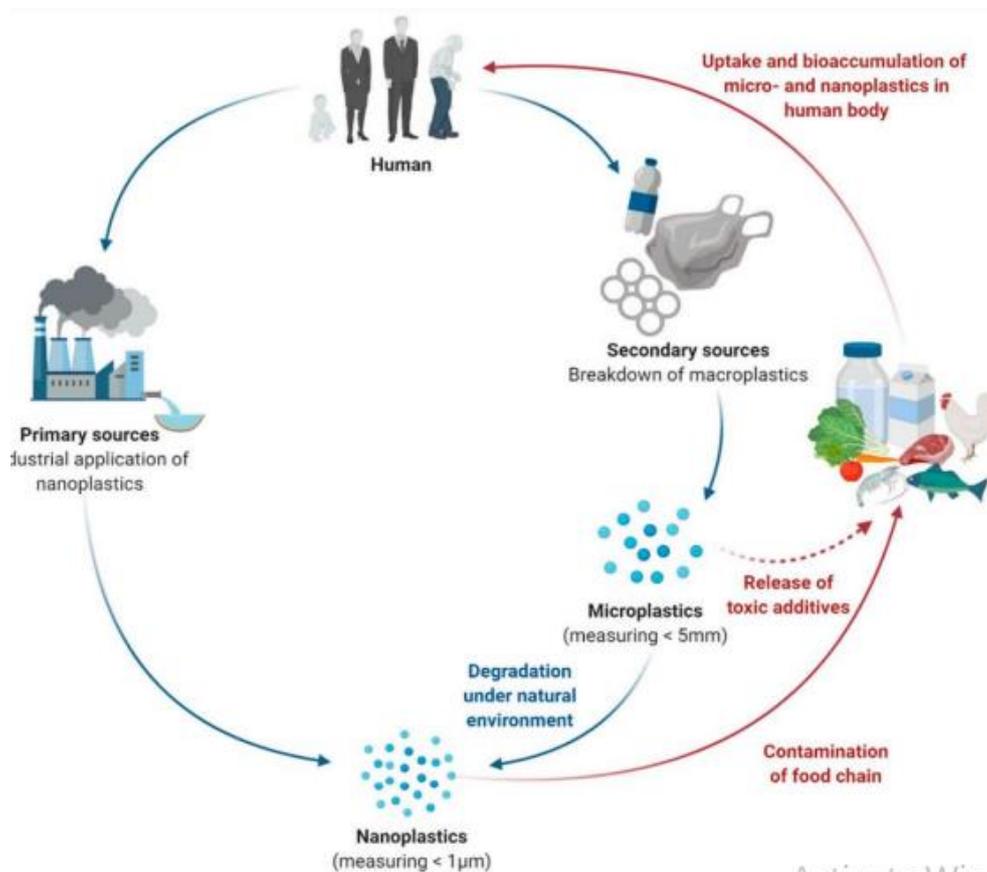
(a) Film

(b) Serat

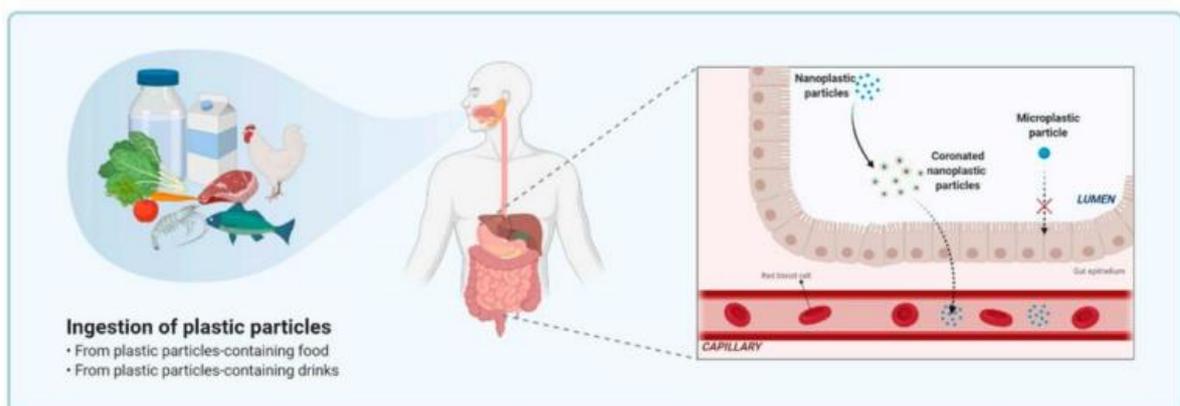
(c) Fragment

Gambar 4. *Microplastic* di Laut Pangandaran (Ismail *et al*, 2019)

*Microplastic* yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan penyakit kanker, gangguan usus, bahkan kematian (Yuan *et al*, 2022). Selanjutnya Yee *et al* (2021) juga meneliti bahwa *microplastic* dapat menyebabkan stres oksidatif, reaksi inflamasi, dan gangguan metabolisme. Adapun siklus dari *microplastic* dari pelaku industri sampai pada manusia dan rute masuknya *microplastic* ke dalam tubuh manusia berturut-turut dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Siklus *Microplastic* (Yee *et al*, 2021)



Gambar 6. Rute Masuknya *Microplastic* ke dalam Tubuh Manusia (Yee *et al*, 2021)

Penelitian yang juga dilakukan oleh Suprihatin *et al* (1996) menunjukkan bahwa area tempat sampah yang kotor juga memungkinkan nyamuk demam berdarah hinggap dan tentunya menjadi ancaman membawa penyakit demam berdarah. Selanjutnya Suprihatin *et al* (1996) menemukan sampah yang dibuang ke laut juga menyebabkan ikan yang dikonsumsi oleh manusia terkontaminasi oleh raksa yang dapat menimbulkan keracunan bahkan kematian.

Selain itu kualitas pengelolaan sampah yang tidak baik akan membentuk lingkungan yang mengganggu bagi masyarakat, seperti bau yang menyengat dan tidak elok secara estetika (Wahdatunnisa, 2019). Hal tersebut tentu saja menimbulkan kerugian sektor wisata dikarenakan tumpukan sampah akan menutupi sebagian kawasan wisata (Hanggono, 2020).



Gambar 7. Sampah di area pesisir kawasan wisata Pantai Pangandaran  
(Sumber: Detik News)

### **Responses**

*Response* merupakan usaha yang dilakukan oleh masyarakat lokal maupun pemerintah dalam menyelesaikan permasalahan seperti yang dideskripsikan dalam keempat komponen lain (Giupponi, 2002). Sebagian besar respon dalam penelitian ini adalah memanfaatkan segala bentuk kekurangan sampah menjadi sesuatu yang bernilai. Pertama kembali menggalakan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, dan Recycle Melalui Bank Sampah untuk memanfaatkan sampah plastik menjadi kerajinan daerah. Hal ini dikarenakan masih banyaknya sampah alat penangkapan ikan yang berpotensi untuk dipergunakan kembali melalui *Reduce, Reuse, dan Recycle* (Hanggono, 2020). Ashruri dan Kustiasih (2020) mencatat sebesar 28,32% berpotensi untuk diolah kembali menjadi barang bernilai.

Kedua adalah mengolah sampah plastik menjadi bahan pembuatan aspal jalan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Baghel (2020) sampah plastik dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan aspal. Lebih lanjut Baghel (2020) menjelaskan bahwa aspal dengan campuran sampah plastik memiliki keunggulan tersendiri antara lain: (1) Penggunaan sampah plastik meningkatkan pengikatan dan pengikatan campuran yang



lebih baik; (2) Tidak ada efek radiasi seperti UV dan kekuatan jalan meningkat 100%; (3) Properti yang menahan beban meningkat dan jalan lebih kuat dengan nilai Stabilitas Marshall; (4) Biaya konstruksi juga menurun dan biaya pemeliharaan jalan minimum; (5) Dengan penambahan plastik sebesar 10% bitumen memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah yang akan membantu dalam meningkatkan daya tahan aspal.

Ketiga yaitu selain memanfaatkan *marine debris* berbentuk padat, *marine debris* organik juga dapat dimanfaatkan jika diolah dengan benar (Ashruri dan Kustiasih, 2020). Lebih lanjut Ashruri dan Kustiasih (2020) menjelaskan sampah sisa makanan dan sampah dapur sebesar 44,68%, serta sampah daun sebesar 13,48% di Kabupaten Pangandaran dapat dimanfaatkan menjadi kompos maupun biodigester. Sampah makanan juga dapat diolah menjadi pakan bagi hewan ternak (Brigita & Rahardyan, 2013).

Keempat masyarakat perlu menerapkan pola hidup *zero waste* berbasis rumah tangga. Berdasarkan data SIPSN (2021) sampah rumah tangga di Indonesia merupakan sumber sampah yang mencapai angka 40,6%. *Zero waste* berbasis rumah tangga dapat dilakukan dengan pemilahan terhadap sampah; pengumpulan terhadap sampah anorganik layak jual; dan pengomposan terhadap sampah organik. Pengelolaan sampah anorganik yang layak jual dapat dilakukan dengan diberikan pada pemulung; ditabung di bank sampah; atau dijual kepada tukang loak (Widiarti, 2012).

Kelima Penanganan sampah laut juga perlu diperkuat dengan implementasi teknologi agar dapat mengimbangi peningkatan sampah yang signifikan setiap tahunnya (Sari *et al*, 2021). Lebih lanjut Sari *et al* (2021) mengungkapkan:

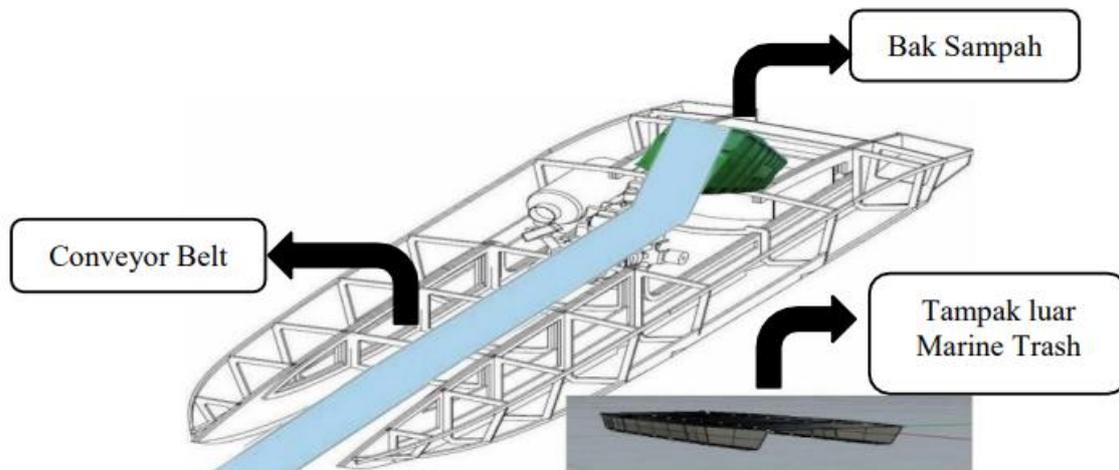
“Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah teknologi pirolisis yang dapat mengurai sampah plastik menjadi bahan bakar jenis minyak tanah, solar, dan bensin. Dengan pirolisis ini, sampah plastik dapat menghasilkan tiga komponen bahan bakar minyak, yakni 60 persen solar, 25 persen bensin, dan 15 persen minyak tanah.” [Sari *et al*, 2021, halaman 5]

Teknologi selanjutnya adalah *Marine Trash Cleaner*. *Marine Trash Cleaner* adalah sebuah kapal yang dilengkapi alat travelator dan bak sampah besar yang juga dibekali motor untuk menggerakkan travelator dan kapal (Rifansyah *et al*, 2020). Lebih lanjut Rifansyah *et al* (2020) menjelaskan cara kerja *Marine Trash Cleaner*, pertama adalah mengarahkan sampah menuju *Marine Trash Cleaner* menggunakan tali penjaring khusus.



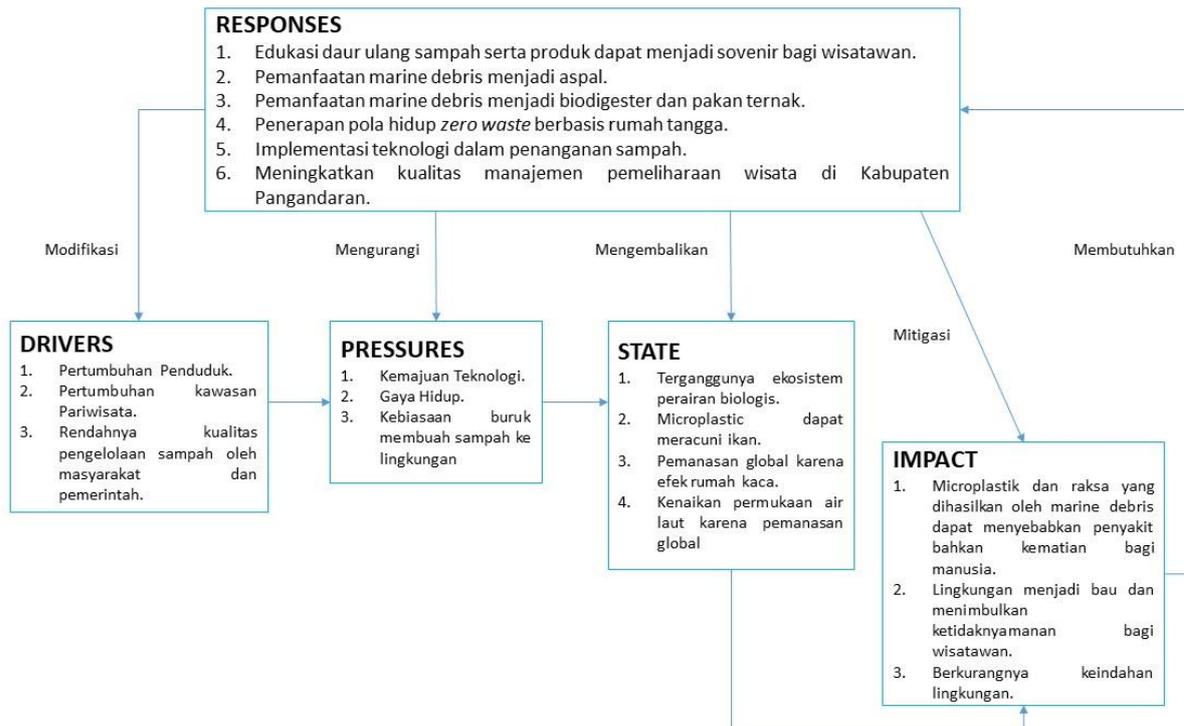
Gambar 8. Tali Penjaring Sampah Laut (Rifansyah *et al*, 2020)

Setelah sampah menuju bibir *Marine Trash Cleaners*, sampah akan diangkat menuju bagian atas *Marine Trash Cleaners* menggunakan *Conveyor Belt*. Proses terakhir adalah sampah masuk kedalam *Marine Trash Cleaners* yang dilengkapi sensor otomatis menutup ketika sampah telah memenuhi *Marine Trash Cleaners*.



Gambar 9. Desain Marine Trash Cleaner (Rifansyah *et al*, 2020)

Keenam pemerintah Kabupaten Pangandaran perlu meningkatkan kualitas pengelolaan sampah di Kabupaten Pangandaran. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nuryaman (2019) pemerintah perlu meningkatkan jumlah petugas kebersihan; perlu pengadaan mobil pengangkut sampah, tong sampah; tempat pengelolaan sampah terpadu (TPST); dan penambahan anggaran baik dari pemerintah provinsi maupun pemerintah pusat dikarenakan keterbatasan anggaran. Adapun kerangka DPSIR dari pembahasan di atas dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Kerangka Analisis DPSIR Pariwisata Pantai Pangandaran (Sumber: Hasil Analisis)

## Diskusi

Dalam sub bab ini penulis akan mencoba membahas beberapa hasil pembahasan dari berbagai literatur di atas yang menurut penulis menarik untuk didiskusikan. Salah satu kelemahan dari pengembangan pariwisata di Kabupaten Pangandaran yang menarik untuk dibahas adalah keterbatasan akses. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniasih *et al* (2020) menunjukkan bahwa jarak perjalanan serta biaya perjalanan memberikan pengaruh yang kuat terhadap kunjungan wisatawan. Lebih lanjut Kurniasih *et al* (2020) menemukan bahwa setiap peningkatan jarak tempuh sebesar 1 km akan menurunkan jumlah kunjungan wisatawan ke lokasi wisata di Kabupaten Pangandaran sebesar 0,008 kali. Hal tersebut diperkuat dengan fakta bahwa sebagian besar wisatawan di Kabupaten Pangandaran berasal dari wilayah terdekat seperti Ciamis dan Banjar. Data BPS (2021) juga menunjukkan angka wisatawan mancanegara di Kabupaten Pangandaran pada tahun 2021 hanya mencapai 15 orang, berbanding jauh dengan Kabupaten Bogor yang mencapai 2609 orang. Maka dari itu penting bagi Pemerintah Kabupaten Pangandaran untuk mempermudah akses transportasi wisatawan. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Hardiansyah dan Mandala (2021) bahwa sektor transportasi dan perundagian merupakan sektor potensial dengan tingkat pertumbuhan relatif cepat dan memiliki daya saing yang kuat. Selain itu revitalisasi jalur kereta api juga dapat menjadi alternatif dan daya tarik tersendiri bagi Pariwisata Kabupaten Pangandaran (Hasibuan, 2020). RAD Research yang dilakukan oleh PT.KAI (2019) menunjukkan bahwa 38% responden memilih kereta api sebagai moda transportasi jarak jauh dan 59% responden



pengguna baru menyatakan besar kemungkinan menjadikan kereta api sebagai prioritas moda transportasi jarak jauh.

Penulis juga tertarik dengan salah satu kajian mengenai pemanfaatan *marine debris* menjadi aspal. Berdasarkan data BPS Provinsi Jawa Barat (2018) terdapat 19,04 km jalan dengan kondisi rusak dan 182,25 km jalan dengan kondisi rusak berat di Kabupaten Pangandaran. Tentu saja implementasi aspal plastik selain berguna untuk mengurangi marine debris, aspal plastik juga dapat menjadi solusi untuk memperbaiki infrastruktur jalan di Kabupaten Pangandaran. Keunggulan menarik dari aspal plastik adalah lebih tahan terhadap retakan, mengurangi marine debris, dan memiliki biaya konstruksi yang lebih murah. Menurut Litbang (dalam Suriyani, 2017) setiap 1 km jalan dengan lebar 7 m aspal plastik dapat menampung 2,5 ton sampai 5 ton sampah plastik. Maka jika dikalkulasikan kurang lebih 910 ton *marine debris* dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki jalan di Kabupaten Pangandaran. Meskipun demikian banyak pihak mempertanyakan keamanan dari penggunaan aspal plastik. Yashwant (2019) justru berpendapat dengan memindahkan sampah plastik dari laut ke jalan akan menimbulkan masalah baru serta berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Proses pengolahan plastik dengan penggunaan suhu panas akan menghasilkan dioxin yang berbahaya bagi makhluk hidup. Selain itu dikarenakan plastik yang diolah hanya berubah secara fisik serta tidak terurai dengan sempurna menimbulkan permasalahan microplastic berpindah dari laut ke ekosistem darat (Suriyani, 2017).

Dikarenakan aspal berbahan plastik merupakan teknologi yang tergolong baru, penulis belum menemukan sebuah kajian yang dominan mengenai salah satu pilihan antara keunggulan dan dampak dari penggunaan aspal plastik. Meskipun demikian Kementerian PUPR telah melakukan implementasi penggunaan aspal berbahan plastik dan pertama kali diimplementasikan pada ruas jalan kampus Universitas Udayana pada tahun 2017 (Suriyani, 2017). Maka dari itu penulis lebih tertarik peruntukan aspal plastik hanya sebagai penambal dari jalan berlubang, tidak sebagai jalan utama sampai ada kajian lebih lanjut mengenai seberapa besar dampak dari aspal berbahan plastik tersebut.

Pada akhirnya solusi paling tepat dan aman dalam penanggulangan marine debris adalah kesadaran dari masyarakat itu sendiri. Konsep *Zero Waste* merupakan salah satu cerminan dari kesadaran masyarakat yang dibahas dalam kajian ini. Selain aman bagi lingkungan *Zero Waste* merupakan kegiatan yang bernilai ekonomi yang potensial jika dilakukan dengan sungguh-sungguh.

#### IV. Kesimpulan

Studi ini menyimpulkan bahwa Kabupaten Pangandaran memiliki potensi sumber daya alam yang besar dengan adanya keanekaragaman *geodiversity*, keanekaragaman hayati, dan keberagaman karakteristik pantai. Akses yang terbatas, minimnya promosi, rendahnya anggaran, dan rendahnya kualitas pelayanan menjadi beberapa kelemahan yang menghambat perkembangan pariwisata di Kabupaten Pangandaran. Maka dari itu kajian ini mengulas beberapa rekomendasi yang relevan untuk mereduksi kelemahan tersebut salah satunya adalah kemudahan akses transportasi dan perbaikan manajemen pengelolaan wisata di Kabupaten Pangandaran. Dengan pemodelan DPSIR kajian ini mengulas sebab akibat dari *marine debris* di Kabupaten Pangandaran. Sebab tersebut



dapat berasal dari dinamika perkembangan zaman seperti pertumbuhan penduduk, perkembangan teknologi, dapat juga berasal dari manusia dengan perubahan gaya hidup dan kebiasaan buruk yang tidak diperbaiki. *Marine debris* memberikan dampak terhadap lingkungan, estetika, ekonomi, manusia, bahkan makhluk hidup lainnya. Kajian ini juga mengulas beberapa respon terhadap permasalahan sampah dengan memberikan beberapa poin alternatif penanganan *marine debris* seperti implementasi teknologi, pemanfaatan *marine debris*, dan kerjasama secara menyeluruh baik pemerintah maupun masyarakat.

### Daftar pustaka

- Ali, M. (2015). *Potensi Wisata Bahari Pulau Pasaran Bandar Lampung*. Politeknik Negeri Lampung: Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan.
- Ambarsari, D. (2021). Shopeefood, Gofood, Grabfood Menimbulkan Masalah Plastik Baru? (online), (<https://www.kompasiana.com/dindaambarsari3207/6196c0b2c26b77718d4d6fd2/shopeefood-gofood-grabfood-menimbulkan-masalah-plastik-baru>), diakses 20 Juni 2022.
- Anon. (1999). *The First National Communication*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Ashruri, A., & Kustiasih, T. (2020). Indonesia Coastal Tourism Solid Waste Generation and Composition, Case Study: Pangandaran Beach. *Jurnal Permukiman*, 15(1), 1-9.
- Baghel *et al.* (2020). Application of Plastic Waste in Building and Road Works: A Technical Review. *Environmental Engineering Division Board*, 4(1), 30-34.
- BPS Pangandaran. (2022). *Kabupaten Pangandaran dalam Angka 2022*. Pangandaran: BPS Kabupaten Pangandaran.
- BPS Provinsi Jawa Barat. (2018). Panjang Jalan Menurut Kondisi 2018, (online), (<https://jabar.bps.go.id/indicator/17/348/1/panjang-jalan-menurut-kondisi.html>), diakses 29 Juni 2022.
- BPS Provinsi Jawa Barat. (2020). *Provinsi Jawa Barat dalam Angka 2020*. Bandung: BPS Provinsi Jawa Barat.
- BPS Provinsi Jawa Barat. (2021). Jumlah Kunjungan Wisatawan Ke Objek Wisata 2018-2021, (online), (<https://jabar.bps.go.id/indicator/16/220/1/jumlah-kunjungan-wisatawan-ke-objek-wisata.html>), diakses 20 Juni 2022.
- Brigita, G., & Rahardyan, B. (2013). Food Waste Management Analysis in Bandung City. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(1), 34-45.
- Cooper, P. (2013). Socio-ecological accounting: DPSWR, a modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems. *Ecological Economics*, 94(1), 106–115.
- Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Pangandaran. (2020). *Disparbud Pangandaran E-Magazine*, 1-19.
- Giupponi, C. (2002). From the DPSIR reporting framework to a system for a dynamic and integrated decision making process. Paper presented at the MULINO International Conference on “Policies and tools for sustainable water management in the EU. Italia: Venice.



- Hanggono, A. (2020). *Inovasi Penanganan Sampah untuk Laut yang Berkelanjutan*. Seminar World Ocean Day.
- Hardiansyah, B., & Mandala, R.A. (2021). Analisis dan Identifikasi Sektor Potensial di Kabupaten Pangandaran (Studi Kasus Tahun 2014-2020). *Ekonomikawan: Jurnal Ilmu Ekonomi dan Studi Pembangunan*, 20(1), 1-11.
- Hasibuan *et al.* (2020). Alternative Development Strategy Pangandaran Beach Destination, West Java. International Conference on Business, Education, Social Science and Technology 2020.
- Ismail *et al.* (2019). Microplastics Ingestion by Fish in The Pangandaran Bay, Indonesia. *World News of Natural Sciences*, 23(1), 173-181.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M. & Anthony, A. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347:6223. doi : 10.1126/ science.1260352.
- Johnke, B. (2010). Emissions from Waste Incineration. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 455-468.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2018). Sampah Laut (*Marine debris*), (online), (<https://kkp.go.id/djprl/p4k/page/1994-sampah-laut-marine-debris>), diakses 20 Juni 2022.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Bobot Sampah Laut di Indonesia Berdasarkan Jenisnya, (online), (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/05/18/ada-berapa-banyak-sampah-di-laut-indonesia>), diakses 20 Juni 2022.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Peraturan Menteri Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, Dan Recycle Melalui Bank Sampah.
- Kurniasih *et al.* (2020). Marine Tourism Potential in Pangandaran Regency. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 8-19.
- Muladi *et al.* (2018). Keanekaragaman Jenis Burung Reeps (Rare, Endangered, Endemic, Protected Species) di Calon Kawasan *Geopark* Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal BIOTIKA*, 16(1).
- NOAA. (2013). *Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment*. USA: Silver Spring.
- Nuryaman. (2019). Implementasi Peraturan Daerah Kabupaten Pangandaran Nomor 10 Tahun 2016 Tentang Pengelolaan Sampah Oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan di Objek Wisata Pantai Batu Karas Kabupaten Pangandaran. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi Negara*, 6(4), 185-193.
- Ondara, K., & Dhiauddin, R. (2020). Indonesia *Marine debris*: Banda Aceh Coastal Environment Identification. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(1), 117-126.
- Pabilando, R., Capparo, K., & Bantilan, J. (2021). Waste Management Practices of Beach Resorts in Biliran Province. *Research Synergy Foundation*, 1(2), 1-9.
- Permana *et al.* (2022). Increasing Community Awareness of Cintaratu Village, Pangandaran Regency as The Hulu Region Of The Impact And Hazards Of Plastic Waste on Coastal Ecosystems. *Farmers: Journal of Community Services*, 3(1), 20-24.
- Presiden Republik Indonesia, Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut.



- Presiden Republik Indonesia, Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2019 Tentang Pengembangan Geopark.
- PT. KAI. (2019). *Survey Pengguna Kereta Api Indonesia*. Jakarta: RAD Research.
- Putra *et al.* (2020). Aspiring Pangandaran Geopark to Promote Sustainable Tourism Development. *International Journal of Applied Sciences in Tourism and Events*, 4(2), 115-128.
- Ratnasari *et al.* (2019). Tourists Perception Towards Tourist Satisfaction in Pangandaran Beach, West Java, Indonesia. *Journal of Economics Management and Trade*, 25(3), 1-9.
- Republik Indonesia, Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- Rifansyah *et al.* (2020). Teknologi *Marine Trash Cleaners* Sebagai Solusi Permasalahan Sampah di Pesisir Pantai. Institut Teknologi Telkom Surabaya: Prosiding Karya Tulis Ilmiah Tingkat Institusi.
- Salim *et al.* (2020). Membentuk Kesadaran Dampak Sampah Melalui Pemahaman Gaya Hidup Minim Sampah. *Journal Community Development and Society*, 2(2), 119-127.
- Sari *et al.* (2021). *Reduce marine debris policy in Indonesia*. P Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 724 012118.
- SIPSN. (2021). Capaian Pengelolaan Sampah 2021, (online), (<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>), diakses 20 Juni 2022.
- Smeets, E. and Weterings, R. (1999). *Environmental Indicators: Typology and Overview*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Sudarman. (2010). Meminimalkan Daya Dukung Sampah Terhadap Pemanasan Global. *Jurnal PROFESIONAL*, 8(1), 51-59.
- Suprihatin *et al.* (1996). Pengelolaan Sampah. Malang: PPGT/PPEDC Malang.
- Suriyani, L.D. (2017). Limbah Plastik Digunakan untuk Aspal Jalan, Ternyata Berisiko. Kenapa?, (online), (<https://www.mongabay.co.id/2017/08/02/limbah-plastik-digunakan-untuk-aspal-jalan-ternyata-berisiko-kenapa/>), diakses 29 Juni 2022.
- Wardatunnisa, M. (2019). Pelaksanaan Pengelolaan Sampah oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Pangandaran. *Jurnal MODERAT*, 5(2), 123-138.
- Widiarti, I.W. (2012). Pengelolaan Sampah Berbasis “Zero Waste” Skala Rumah Tangga Secara Mandiri. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 4(2), 101-113.
- World Bank Group. (2017). Hotspot Sampah Laut Indonesia, Laporan Sintesis.
- World Bank Group. (2018). Hotspot Sampah Laut Indonesia, Laporan Sintesis.
- Yashwant. (2019). India experiments with turning ocean plastic into roads, (online), (<https://chinadialogueocean.net/en/pollution/8553-india-plastic-roads/>), diakses 29 Juni 2022.
- Yee *et al.* (2021). Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health. *Nanomaterials* 2021, 11, 496. <https://doi.org/10.3390/nano11020496>.
- Yuan, Z., Nag, R., & Cummins, E. (2022). Human health concerns regarding *Microplastics* in the aquatic environment - From marine to food systems. *Science of the Total Environment*, 1(2), 1-19.