

Penerapan kerangka kerja DPSIR terhadap sampah dan dampaknya pada lingkungan di Kawasan Wisata Pantai Pangandaran

Application of DPSIR framework to waste and its impact on the environment in Pangandaran Beach Tourism Area

Yogie Yedia Priatna^{1*}, Billy Jones Tarigan¹, Mochammad Firmansyah Triputra¹, Iwan Kustiwan²

¹Magister Studi Pembangunan, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

²Kelompok Keahlian Perencanaan dan Perancangan Kota, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

Abstrak

Penelitian bertujuan menganalisis permasalahan sampah di kawasan wisata Pantai Pangandaran menggunakan kerangka kerja DPSIR (Driver, Pressure, State, Impact, Response). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor pendorong, tekanan, kondisi lingkungan, dampak dan respons terhadap masalah sampah di area tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi, peningkatan aktivitas pariwisata dan karakteristik geografis serta oseanografis unik wilayah ini telah menciptakan tekanan signifikan pada ekosistem pantai. Hal ini mengakibatkan penurunan kualitas pantai, air dan ekosistem laut. Dampak yang ditimbulkan meliputi degradasi lingkungan, penurunan kualitas pengalaman wisatawan dan ancaman terhadap kesehatan manusia serta biota laut. Penelitian ini merekomendasikan pendekatan komprehensif dan terpadu yang melibatkan inovasi teknologi, edukasi masyarakat dan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan untuk mengatasi permasalahan sampah di Pantai Pangandaran. Implementasi strategi ini diharapkan dapat menciptakan pengelolaan wisata pesisir yang berkelanjutan.

Kata kunci: DPSIR, pengelolaan sampah, pariwisata berkelanjutan, mikroplastik, pencemaran laut

Abstract

The study aims to analyze waste management issues in the Pangandaran Beach tourist area using the DPSIR (Driver, Pressure, State, Impact, Response) framework. This approach is used to identify the driving factors, pressures, environmental conditions, impacts, and responses related to waste problems in the area. The analysis shows that population growth, increased tourism activities, and the unique geographical and oceanographic characteristics of the region have placed significant pressure on the coastal ecosystem. This has led to a decline in the quality of the beach, water, and marine ecosystems. The resulting impacts include environmental degradation, a diminished quality of tourist experiences, and threats to human health and marine life. The study recommends a comprehensive and integrated approach, involving technological innovation, public education, and collaboration among stakeholders, to address waste issues at Pangandaran Beach. The implementation of these strategies is expected to foster sustainable coastal tourism management.

Keywords: DPSIR, waste management, sustainable tourism, microplastics, marine pollution

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dengan potensi pariwisatanya cenderung mengalami eksploitasi dan gangguan manusia yang berlebihan. Ciri khas alami wilayah pesisir menarik banyak orang dan dengan infrastruktur yang ada, wilayah ini cenderung mengalami peningkatan eksploitasi dan gangguan manusia (Hardiman dan Burgin 2010). Oleh karena itu, perencanaan yang terorganisir dengan baik dan upaya mengelola pesisir sangat diperlukan untuk memastikan layanan yang memadai dan bermanfaat.

* Korespondensi Penulis
Email: yediapriatna@gmail.com

Pantai dapat berwujud alami maupun buatan, kerap memiliki nilai ekologis serta hiburan yang signifikan. Namun, pada banyak kasus, kombinasi faktor alam dan campur tangan manusia telah menyebabkan dampak serius terhadap lingkungan dan masyarakat di berbagai wilayah jika tidak dikelola dengan baik. Salah satu masalah utama adalah pengelolaan sampah yang buruk. Dampak tersebut muncul ketika penggunaan sumber daya alam oleh pengunjung melebihi kapasitas lingkungan. Pantai Pangandaran sebagai salah satu destinasi wisata pantai populer di Indonesia kerap mengalami masalah sampah yang menumpuk terutama di musim liburan. Berdasarkan penelitian Renaldi (2021), setiap hari terdapat sekitar 126 m³ sampah yang masuk ke Pantai Pangandaran dan jumlah ini akan meningkat menjadi 756 m³ pada hari libur karena adanya peningkatan jumlah pengunjung dan kegiatan jual beli. Selain sampah dari pengunjung, terdapat juga masalah sampah laut yang terdampar di pantai. Pada umumnya, sampah laut terdiri dari barang-barang inersia seperti plastik, kain, logam, styrofoam dan kayu. Namun, saat ini plastik menjadi komponen utama dalam sampah laut (Sheavly dan Register 2007; Thiel *et al.* 2013).

Mengingat tingginya permasalahan sampah di kawasan wisata Pantai Pangandaran, diperlukan pendekatan yang sistematis dan komprehensif untuk menganalisis akar masalah serta merancang solusi yang efektif. Dalam konteks ini, metode DPSIR (*Driver, Pressure, State, Impact, Response*) menawarkan kerangka kerja yang holistik untuk memahami hubungan sebab-akibat antara aktivitas pariwisata dan dampaknya terhadap lingkungan pesisir Pantai Pangandaran (Gari *et al.* 2015; Lewison *et al.* 2016). Dengan menerapkan kerangka DPSIR, penelitian ini bertujuan untuk memetakan interaksi kompleks antara pertumbuhan pariwisata, peningkatan produksi sampah, kondisi lingkungan pantai, dampak ekologis dan ekonomi, serta respons kebijakan yang ada atau diperlukan. Analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih terarah dan berkelanjutan bagi pengelolaan kawasan wisata Pantai Pangandaran, sekaligus menjadi model bagi penanganan masalah serupa di destinasi wisata pesisir lainnya di Indonesia.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2023 di Pantai Pangandaran, sebuah destinasi wisata alam populer yang terletak di selatan Provinsi Jawa Barat dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Pantai ini memiliki status sebagai kawasan pariwisata nasional yang strategis, sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisata Nasional (Sumaryana 2018).



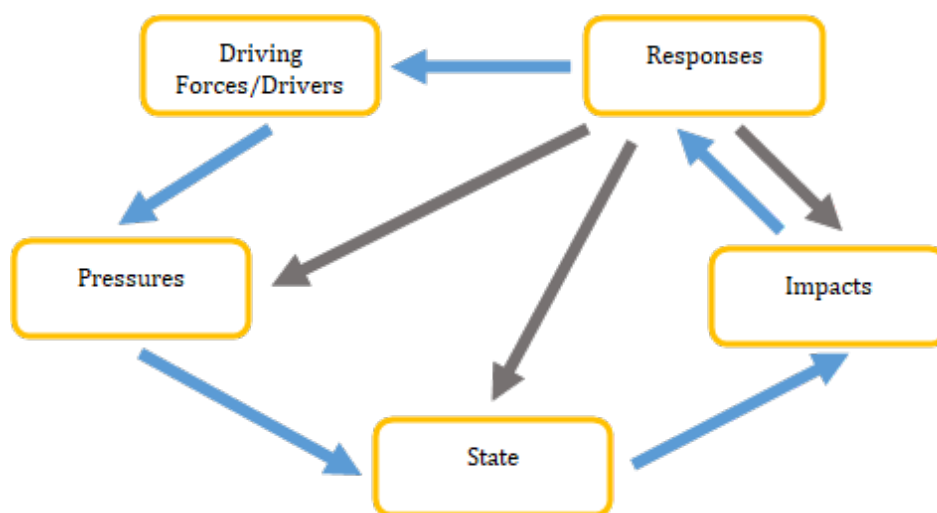
Gambar 1. Peta wilayah Pantai Pangandaran.

Pantai Pangandaran memiliki karakteristik fisik yang unik, total panjang 5.552 meter. Pantai ini terbagi menjadi dua bagian utama: Pantai Barat yang berpasir putih sepanjang 3.184 meter dan Pantai Timur yang berkarang sepanjang 2.368 meter. Selain itu, di kedua sisi Tanjung Pananjung terdapat pantai berpasir putih, dengan panjang 532 meter di sisi Barat dan 395 meter di sisi Timur (Nugroho *et al.* 2013).

Sejak menjadi daerah otonom pada tahun 2012, Pangandaran mengalami perkembangan pesat dalam sektor pariwisata. Jumlah kunjungan wisatawan meningkat signifikan dari 1.213.653 pengunjung pada tahun 2013 (Sarah 2015) menjadi 4.288.185 wisatawan pada tahun 2022 (Disparbud Jabar 2023). Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan upaya pemerintah daerah dalam mengembangkan infrastruktur dan meningkatkan aksesibilitas kawasan wisata.

2.2. Prosedur analisis data

Dalam penelitian ini, kerangka kerja DPSIR digunakan sebagai alat diagnostik untuk menganalisis isu lingkungan di sekitar Pantai Pangandaran. Kerangka kerja DPSIR utamanya digunakan oleh pemerhati lingkungan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengevaluasi masalah yang umumnya kompleks yang berhubungan dengan lingkungan (Sarmina *et al.* 2016). Kerangka kerja DPSIR terdiri dari lima komponen utama: *Driving Forces/Drivers*, *Pressures*, *States*, *Impacts* dan *Response*. *Driving Forces/Drivers* mencakup perkembangan sosial-ekonomi atau sosial-budaya dan kondisi alam yang mempengaruhi lingkungan, sedangkan *pressure* adalah faktor alam dan antropogenik yang menyebabkan perubahan lingkungan. *State* menggambarkan kondisi lingkungan alam dan buatan saat ini dan *Impacts* mewakili konsekuensi perubahan lingkungan. *Response* mengacu pada langkah-langkah yang diterapkan oleh individu dan pemerintah untuk mengatasi perubahan lingkungan ini (EEA 2007).



Gambar 2. Kerangka kerja DPSIR (EEA 2007).

Kerangka DPSIR mengasumsikan bahwa kondisi sosial ekonomi dan lingkungan adalah hal-hal yang saling berhubungan. *Driving forces* memicu perubahan lingkungan melalui *pressure*, yang kemudian mempengaruhi *state* lingkungan. Hal ini menimbulkan *impact* pada ekosistem, ekonomi dan masyarakat. Dampak negatif biasanya direspons (*response*) dengan kebijakan dan tata kelola baru. Kebijakan ini nantinya akan mempengaruhi kembali seluruh elemen DPSIR, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**. Kerangka kerja DPSIR merupakan instrumen yang telah terbukti dalam menganalisis berbagai macam isu terkait lingkungan, termasuk perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, manajemen air dan polusi udara (Relvas dan Miranda 2018; Skoulidakis 2009; Moss *et al.* 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis kerangka kerja DPSIR

3.1.1. *Drivers*

Karakteristik geografis dan oseanografis Kabupaten Pangandaran memainkan peran penting dalam dinamika sampah di Pantai Pangandaran. Karakteristik oseanografis berupa dinamika pasang surut, gelombang dan arus laut, sedangkan karakteristik geografis yaitu keberadaan sistem sungai berdekatan berkontribusi terhadap pergerakan dan akumulasi sampah di kawasan ini. Selain itu, Kabupaten Pangandaran memiliki iklim tropis basah yang dipengaruhi oleh pola sirkulasi angin musiman, topografi regional yang beragam dan elevasi topografi yang tinggi dengan curah hujan rata-rata tahunan sekitar 2.589 mm dan suhu rata-rata antara 25 – 30 °C (Peraturan Bupati Kabupaten Pangandaran Nomor 60 Tahun 2020).

Selain faktor alami, faktor penggerak utama masalah sampah di Pantai Pangandaran berasal dari subkelas sosial. Penggerak sosial dievaluasi dalam konteks kepadatan penduduk, layanan rekreasi dan infrastruktur penunjang. Kabupaten Pangandaran memiliki luas wilayah sekitar 1.011,04 km² dengan populasi sekitar 431.470 jiwa pada tahun 2022 dengan kepadatan penduduk tertinggi kedua berada di Kecamatan Pangandaran yaitu 981 orang/km², terutama di sekitar Pantai Pangandaran (BPS Kabupaten Ciamis 2023). Kepadatan penduduk yang tinggi ini, khususnya di kawasan wisata seperti Pantai Pangandaran, berkorelasi langsung dengan peningkatan produksi sampah.

Secara umum layanan rekreasi yang ada di sekitar Pantai Pangandaran dibagi ke dalam tiga kategori yakni, 1) layanan rekreasi wisata budaya seperti Gua Panggung dan Batu Kalde di Cagar Alam Pangandaran; 2) layanan rekreasi wisata alam yaitu wisata Pantai Pangandaran itu sendiri; dan 3) layanan wisata minat khusus seperti wisata Sungai Citumang dan *Green Canyon*. Selain itu, untuk menunjang layanan rekreasi tersebut, di Kabupaten Pangandaran tersedia sarana akomodasi dan restoran yang tersebar di wilayah Pangandaran. Berdasarkan pendataan tahun 2019 di Kabupaten Pangandaran terdapat sebanyak 379 penginapan dan 192 restoran. Dibandingkan dengan tahun 2018 tidak terdapat perubahan pada jumlah restoran sementara jumlah penginapan mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yang berjumlah 393 penginapan (Peraturan Bupati Kabupaten Pangandaran Nomor 60 Tahun 2020). Hingga tahun 2023, pengembangan objek wisata Pantai Pangandaran terus mengalami peningkatan terutama dalam penyediaan dan perbaikan infrastruktur seperti akses jalan, reaktivasi jalur kereta api dan penataan lanskap kawasan tepi pantai sehingga dapat menambah daya tarik wisata.

Keberagaman layanan wisata dan ketersediaan fasilitas serta infrastruktur pendukung ini bertindak sebagai *drivers* utama peningkatan sampah di Kabupaten Pangandaran. Aktivitas wisata yang beragam, dari pantai hingga wisata budaya dan alam, menarik sejumlah besar pengunjung yang berkontribusi pada peningkatan produksi sampah.

3.1.2. *Pressures*

Berdasarkan analisa penggerak atau pendorong yang disajikan di atas, karakteristik geografis yaitu adanya sistem sungai yang berdekatan di wilayah Pantai Pangandaran memberikan tekanan terhadap peningkatan sampah di wilayah ini. Sungai Citanduy yang melintasi kabupaten ini, berfungsi sebagai jalur utama transportasi sedimen dan sampah dari dua Daerah Aliran Sungai (DAS) besar yaitu DAS Ciwulan-Cilaki dan DAS Citanduy. Aliran sungai ini bermuara di Sagara Anakan, membawa material dari hulu hingga ke pesisir. Elevasi topografi yang tinggi di Pangandaran, dikombinasikan dengan curah hujan yang cukup tinggi, semakin meningkatkan debit fluvial pada sistem sungai di sekitarnya.

Kondisi tersebut mengakibatkan peningkatan volume air sungai yang membawa sedimen dan sampah dari daratan menuju laut. Penelitian Ashruri dan Kustiasih (2020) menunjukkan bahwa sampah yang terbawa ke laut didominasi oleh tiga jenis utama yaitu sampah plastik dengan persentase tertinggi sebesar 28,32%, diikuti oleh batok kelapa sebesar 27,33% dan batang kayu sebesar 25,15%.

Dari perspektif oseanografis, dinamika pasang surut dan gelombang laut turut berperan dalam mengangkut dan mendistribusikan material tersebut ke sepanjang Pantai Pangandaran. Suroso dan Sofian (2009) menunjukkan bahwa terdapat kenaikan temperatur permukaan laut di Pantai Selatan Jawa yang mempengaruhi kencangnya angin yang berhembus dan gelombang air yang berkontribusi dalam memindahkan sampah dari pantai ke punggung pantai dan membuat gundukan sampah. Hal ini juga sejalan dengan penuturan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Pangandaran serta Kepala Desa Pangandaran dalam Satriawan *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa salah satu penyebab utama adanya sampah di pesisir Pangandaran adalah karena pasang surut air laut. Fenomena ini menunjukkan bahwa selain faktor daratan, dinamika laut juga memainkan peran penting dalam distribusi dan akumulasi sampah di sepanjang Pantai Pangandaran.

Dalam kasus tekanan manusia (*anthropogenic pressure*), meningkatnya volume sampah di Pantai Pangandaran disebabkan oleh beberapa isu. Pertama meningkatnya jumlah penduduk dan wisatawan terutama saat musim libur seperti libur lebaran. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya mengakibatkan konsekuensi terhadap meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan (Jambeck *et al.* 2015). Tingginya penggunaan bahan plastik dan produk sekali pakai untuk kebutuhan sehari-hari di tengah padatnya penduduk merupakan salah satu penyebab sampah laut yang perlu diatasi. Selain itu, aktivitas nelayan lokal juga berkontribusi signifikan terhadap permasalahan ini. Nelayan yang beroperasi di perairan sekitar pantai sering kali menghasilkan sampah yang berakhir di laut dan terbawa ke pantai, seperti alat tangkap yang rusak atau tidak terpakai, sampah organik dari hasil tangkapan, limbah bahan bakar dan oli dari kapal, serta kemasan makanan dan minuman yang dibuang sembarangan selama melaut.

Pantai Pangandaran menjadi objek wisata terfavorit selama libur lebaran 2023, tercatat sebanyak 118.670 orang mengunjungi pantai itu saat libur Idul Fitri 1444 H lalu (Antara News 2023). Peningkatan kegiatan pariwisata terutama ketika musim libur tiba di Kabupaten Pangandaran tidak dibarengi dengan penambahan tempat pembuangan sampah di kawasan wisata. Volume sampah meningkat drastis dari 70 ton/hari pada kondisi normal menjadi sekitar 200 ton/hari saat periode lebaran.

Selain peningkatan volume, kebersihan kawasan wisata juga terganggu dengan banyaknya sampah yang berserakan di berbagai tempat (Rejabar 2023). Penelitian Ashuri dan Kustiasih (2020) mengungkapkan bahwa kegiatan pariwisata berkontribusi signifikan terhadap permasalahan ini. Sampah dari sektor pariwisata didominasi oleh sisa makanan dan sampah dapur (44,68%), serta sampah daun (13,48%). Sumber utama sampah ini adalah aktivitas wisatawan di hotel dan warung makan. Hotel berbintang menghasilkan rata-rata 0,97 kg sampah per tempat tidur per hari (densitas 243 kg/m³), sementara hotel melati memproduksi 1,23 kg per tempat tidur per hari (densitas 310,71 kg/m³). Rumah makan di kawasan ini menghasilkan rata-rata 0,21 kg sampah per kursi per hari dengan densitas 264,22 kg/m³.

Selain masalah volume sampah yang meningkat drastis saat musim liburan dan kontribusi signifikan dari sektor pariwisata, Pantai Pangandaran juga menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan sampahnya. Indikator-indikator yang menunjukkan buruknya pengelolaan sampah di kawasan ini meliputi beberapa aspek kritis. Pertama, kurangnya ketersediaan wadah sampah yang terpilah sesuai jenisnya, sehingga menyulitkan proses daur ulang. Kedua, ketidakpastian jadwal pengangkutan sampah dari titik pengumpulan ke tempat pemrosesan akhir. Ketiga, terbatasnya sarana pengangkut sampah yang hanya tersedia 8 truk. Keempat, belum adanya pengolahan sampah yang efektif, baik untuk kompos maupun daur ulang, yang mengakibatkan penumpukan sampah (Wahdatunnisa 2019).

3.1.3. *States*

State merupakan konsekuensi dari *pressures* yang mendorong kegiatan yang berdampak pada berubahnya kualitas lingkungan di Pantai Pangandaran.

3.1.3.1. Kualitas pantai dan permukiman

Keindahan alami pantai yang menjadi daya tarik utama wisatawan dapat terganggu oleh sampah yang berserakan, mengurangi estetika dan kenyamanan pengunjung. Selain itu, kualitas lingkungan pantai juga mengalami degradasi karena sampah yang menjadi sarang perkembangbiakan vektor penyakit (Sealey dan Smith 2014), meningkatkan risiko kesehatan bagi pengunjung dan penduduk setempat. Masalah ini tidak hanya memengaruhi aspek estetika, tetapi juga fungsional, seperti saluran air yang tersumbat oleh sampah yang dapat menyebabkan banjir saat hujan lebat dan pencemaran sumber air tanah yang vital bagi masyarakat karena pengelolaan sampah yang kurang baik.

3.1.3.2. Kualitas air

Kondisi (*State*) kualitas air di Pantai Timur dan Barat Pangandaran menunjukkan adanya masalah serius yang tidak memenuhi standar wisata air sesuai Peraturan Menteri Kehutanan dan Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2001. Perairan pantai mengalami kontaminasi mikrobiologis dan kimia yang terlihat dari tingginya Indeks Pencemaran (IP). Terdapat variasi kualitas air yang signifikan antara musim hujan dan musim kemarau, dengan tingkat pencemaran yang lebih tinggi pada musim kemarau. Meskipun sedimen tidak tercemar oleh timbal (Pb), konsentrasi Pb di air menunjukkan fluktuasi yang besar antar musim. Kondisi ini mencerminkan adanya tekanan lingkungan yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia dan pengelolaan sampah yang tidak memadai di kawasan Pantai Pangandaran (Herawati *et al.* 2023).

3.1.3.3. Ekosistem pesisir

Kondisi (*State*) ekosistem pesisir dan laut menunjukkan adanya ancaman serius akibat pencemaran oleh sampah dan logam berat. Keberadaan sampah di perairan tidak hanya berdampak langsung pada organisme laut, tetapi juga memicu proses bioakumulasi zat berbahaya dalam rantai makanan. Logam berat seperti timbal (Pb) terakumulasi dalam berbagai organisme laut, mulai dari organisme dasar hingga predator di tingkat trofik yang lebih tinggi.

Proses bioakumulasi tersebut tercermin dalam nilai Faktor Bioakumulasi (BAF) dan Faktor Biokonsentrasi (BCF) yang melebihi 1 pada berbagai spesies laut (Alagic *et al.* 2013). Variasi musiman juga terlihat dalam tingkat BAF dan BCF, dengan nilai-nilai yang cenderung lebih tinggi selama musim hujan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh faktor lingkungan terhadap dinamika pencemaran di ekosistem pesisir dan laut (Herawati *et al.* 2023).

Selain itu, keberadaan sampah fisik seperti plastik menambah kompleksitas permasalahan. Sampah ini dapat menyebabkan kematian langsung pada organisme laut dan menciptakan jalur tambahan untuk transfer zat berbahaya melalui rantai makanan. Kondisi ini berpotensi mengganggu keseimbangan seluruh ekosistem, mempengaruhi berbagai tingkat trofik dan menciptakan efek berantai dalam jaringan makanan laut.

3.1.4. Impacts

Penumpukan sampah di Pantai Pangandaran dan daerah sekitarnya menimbulkan berbagai masalah serius bagi masyarakat dan lingkungan. Pertama, timbunan sampah yang tidak terkelola dengan baik menciptakan kondisi yang tidak nyaman bagi penduduk setempat. Bau tidak sedap yang ditimbulkan oleh sampah yang membusuk dapat mengganggu kualitas udara di sekitar area permukiman, mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan hidup warga. Tumpukan sampah yang berserakan merusak keindahan alam Pantai Pangandaran. Pemandangan sampah di sepanjang garis pantai dan area wisata lainnya sangat mengganggu secara visual, mengurangi daya tarik alami pantai yang seharusnya menjadi magnet bagi wisatawan. Kondisi ini berdampak langsung pada sektor pariwisata, yang merupakan salah satu sumber pendapatan utama bagi masyarakat setempat.

Keberadaan sampah di area wisata dapat secara signifikan menurunkan kualitas pengalaman pengunjung. Wisatawan yang datang untuk menikmati keindahan alam dan bersantai di pantai akan terganggu ketika dihadapkan dengan pemandangan dan kondisi pantai yang kotor. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan jumlah kunjungan wisatawan, yang pada gilirannya berdampak negatif pada perekonomian lokal yang bergantung pada sektor pariwisata (Krelling *et al.* 2017).

Selain dampak visual dan ekonomi, masalah sampah juga berkaitan erat dengan kualitas lingkungan secara keseluruhan, terutama kualitas air di kawasan pantai. Kualitas air di Pantai Timur Pangandaran yang tidak memenuhi standar wisata air sesuai peraturan yang berlaku. Penelitian Miranti *et al.* (2020) menunjukkan bahwa jumlah bakteri *koliform* di air laut Pantai Timur Pangandaran (23 dan 43 sel/ml) lebih rendah dibandingkan di Sungai Cirengganis. Meskipun demikian, bakteri koliform dan *Escherichia coli* masih ditemukan di air laut Pantai Timur Pangandaran. Selain itu, bakteri patogen seperti *Shigella* sp., *Pseudomonas* sp., *Vibrio* sp. dan *koliform* juga ditemukan di air laut Pantai Timur Pangandaran, dengan jumlah bakteri tertinggi adalah *Vibrio* sp. sebanyak 540 sel/100 ml dan *Pseudomonas* sp. sebesar 61 sel/ml (Miranti *et al.* 2020). Hasil ini boleh jadi juga ada di Pantai Barat Pangandaran, mengingat lokasinya saling berdekatan. Temuan ini menunjukkan dampak negatif sampah terhadap kualitas air di wilayah tersebut.

Selain masalah mikrobiologis, kualitas air di Pantai Pangandaran juga dipengaruhi oleh faktor kimia dan fisik. Herawati *et al.* (2023) mengestimasi nilai Indeks Pencemaran (IP), kualitas air di semua lokasi sangat tercemar selama musim kemarau dengan nilai indeks 10,68 di Pantai Barat dan 10,60 di Pantai Timur, serta cukup tercemar selama musim hujan dengan nilai 7,30 di Pantai Barat dan 7,29 di Pantai Timur. Sementara itu, berdasarkan estimasi nilai consensus-based sediment quality, dengan rentang nilai dari 0 – 0,16, sedimen seluruh pantai di pangandaran tidak tercemar oleh timbal (Pb) (Herawati *et al.* 2023). Tingkat Pb adalah faktor utama yang menentukan kualitas air dalam penelitiannya, dengan konsentrasi Pb 10 kali lebih tinggi di musim kemarau dibandingkan musim hujan. Perbedaan kualitas air antara musim hujan dan musim kemarau disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penangkapan ikan, pariwisata dan industri serta sampah dan limbah yang dihasilkannya.

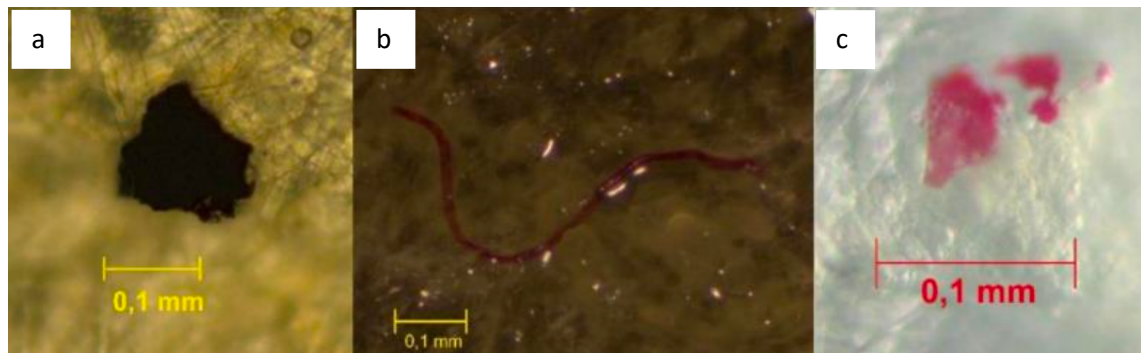
Pencemaran laut oleh sampah dan logam berat merupakan ancaman serius bagi keseimbangan ekosistem pesisir. Sampah yang mencemari laut tidak hanya menyebabkan kematian langsung pada organisme perairan, tetapi juga berperan dalam siklus bioakumulasi zat berbahaya, termasuk logam berat. Ketika sampah, terutama yang mengandung bahan kimia berbahaya atau logam berat, terurai di perairan, zat-zat ini dapat diserap oleh organisme laut. Proses ini memulai siklus

bioakumulasi yang kompleks, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai BAF dan BCF yang melebihi 1 pada berbagai spesies laut (Alagic *et al.* 2013).

Logam berat seperti timbal (Pb) yang terakumulasi dalam organisme dasar seperti krustasea, yang sering berperan sebagai pemakan bangkai, dapat naik melalui rantai makanan. Hal ini menyebabkan konsentrasi yang lebih tinggi pada predator di tingkat trofik yang lebih tinggi, seperti ikan (Anandkumar *et al.* 2018). Proses ini tidak hanya mengancam kesehatan organisme individual, tetapi juga dapat mengganggu keseimbangan seluruh ekosistem. Lebih lanjut, variasi musiman dalam tingkat BAF dan BCF, cenderung lebih tinggi selama musim hujan sebagaimana hasil penelitian Herawati *et al.* (2023) di Pantai Pangandaran diperoleh nilai lebih dari 1 dengan nilai rata-rata BAF dan BCF pada ikan masing-masing 102,6 dan 10,4 yang menunjukkan bahwa faktor lingkungan juga berperan penting. Peningkatan limpasan dari daratan selama musim hujan dapat membawa lebih banyak sampah dan polutan ke laut, memperparah masalah ini (Ali *et al.* 2019; Akila *et al.* 2022).

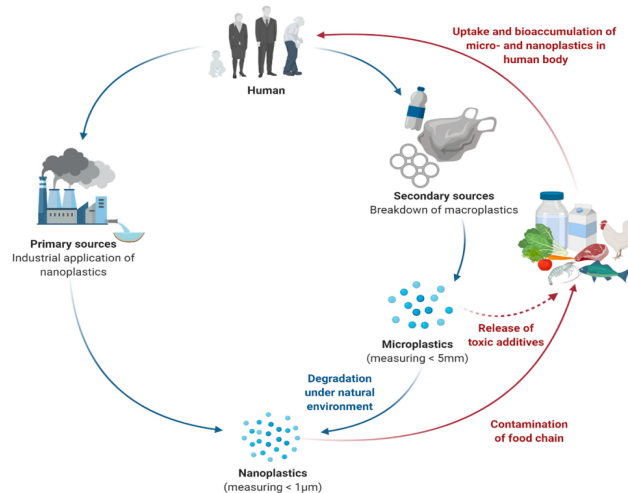
Dampak sampah laut tidak terbatas pada efek toksikologi saja. Sampah fisik seperti plastik dapat menyebabkan kematian langsung melalui tercekik atau terbelit, sementara mikroplastik dapat termakan oleh organisme kecil dan masuk ke rantai makanan. Ini menciptakan jalur tambahan untuk transfer zat berbahaya ke tingkat trofik yang lebih tinggi. Gangguan pada satu tingkat trofik dapat menyebabkan efek berantai di seluruh ekosistem. Misalnya, jika populasi ikan kecil menurun karena pencemaran, ini dapat memengaruhi ketersediaan makanan untuk predator yang lebih besar, yang pada gilirannya dapat memengaruhi populasi organisme lain dalam rantai makanan.

Mikroplastik dengan kandungan *oligomers chemical fragment* selain dapat meracuni ikan juga berbahaya bagi manusia. Hal ini dikarenakan 82% ikan dan 90% garam meja yang dikonsumsi manusia telah terkontaminasi oleh mikroplastik (Hanggono 2020). Penelitian lain yang dilakukan oleh Ismail *et al.* (2019), ditemukan mikroplastik di saluran pencernaan ikan dengan jenis fragmen sebesar 49,74%, film sebesar 27,46% dan serat sebesar 22,8% dengan ukuran mulai dari 0,12 hingga 5 mm. Penyebab masuknya mikroplastik ke saluran pencernaan adalah karena salah mangsa atau tidak sengaja dikonsumsi oleh ikan. Adapun jenis mikroplastik yang ditemukan di Pantai Pangandaran dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Mikroplastik di Pantai Pangandaran
a) film ; b) serat ; c) fragmen (Ismail *et al.* 2019).

Mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan sistem pencernaan, kerusakan ginjal, bahkan menyebabkan kanker (Yee *et al.* 2021). Adapun siklus dari mikroplastik dari pelaku industri sampai ke manusia dan rute masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Siklus Mikroplastik (Yee *et al.* 2021).

Lokasi pembuangan sampah yang tidak higienis dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk demam berdarah yang membawa risiko penularan penyakit demam berdarah kepada manusia. Di sisi lain, pembuangan sampah ke perairan laut dapat menyebabkan biota laut yang dikonsumsi manusia tercemar oleh logam berat seperti timbal (Pb) atau bahkan merkuri (raksa). Paparan timbal maupun merkuri dalam jumlah besar melalui konsumsi hewan laut seperti ikan yang terkontaminasi dapat menimbulkan keracunan yang berpotensi membahayakan nyawa manusia.

3.1.5. Responses

Menanggapi permasalahan sampah di Pantai Pangandaran, diperlukan pendekatan komprehensif yang melibatkan berbagai aspek pengelolaan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Langkah pertama yang krusial adalah peningkatan infrastruktur pengelolaan sampah, termasuk penambahan tempat sampah terpilah, peningkatan armada pengangkut dan pembangunan fasilitas pengolahan sampah yang efektif. Selain peningkatan infrastruktur dasar, pendekatan komprehensif juga memerlukan adopsi teknologi inovatif yang telah terbukti efektif di negara-negara maju. Di Swedia, sebagian besar limbah dimanfaatkan untuk pembangkit energi, pengomposan, biofuel dan daur ulang, sehingga mengurangi persentase limbah yang dibuang ke TPA hingga 1% (Bolton dan Roust 2019). Dalam skala rumah tangga maupun komunitas dapat menggunakan biodigester maupun bioethanol.

Selain itu, sampah terutama sampah plastik juga dapat dimanfaatkan untuk bahan campuran aspal. Peningkatan stabilitas campuran aspal dan pengurangan kadar aspal dapat dicapai melalui penambahan bahan aditif, salah satunya adalah polimer yang umumnya dikenal sebagai plastik (Hadid *et al.* 2020), biasanya digunakan dalam kemasan makanan dan produk komersial, yang akhirnya menjadi sampah setelah digunakan, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan aditif dalam campuran aspal dapat mengoptimalkan kinerja aspal sekaligus memberikan solusi alternatif untuk pengelolaan sampah plastik.

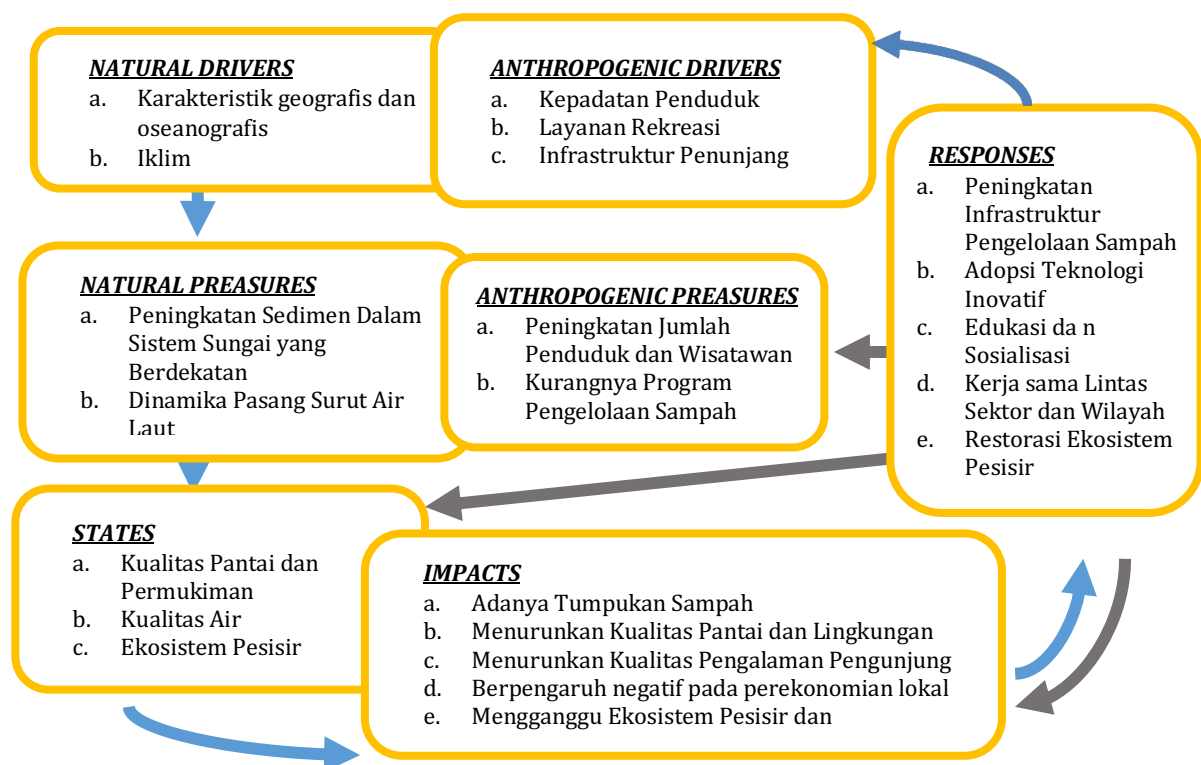
Edukasi dan kampanye kesadaran lingkungan juga memegang peranan penting. Sosialisasi tentang bahaya sampah dan mikroplastik kepada masyarakat dan wisatawan, serta program pendidikan lingkungan pada anak-anak di sekolah-sekolah dapat meningkatkan partisipasi publik terutama orang tua dalam mengelola dan memilah sampah di rumah.

Selain itu, kerja sama lintas sektor dan wilayah sangat diperlukan, terutama koordinasi dengan pemerintah daerah hulu untuk mengurangi sampah yang terbawa arus sungai. Pelibatan sektor swasta melalui program *Corporate Social Responsibility* (CSR) dan kerja sama dengan lembaga penelitian untuk pemantauan kualitas lingkungan secara berkala juga penting dilakukan. Untuk memfasilitasi kolaborasi yang lebih efektif, perlu dibentuk suatu asosiasi pengelolaan sampah yang melibatkan pemerintah kabupaten Pangandaran dan perusahaan terkait.

Asosiasi pengelolaan sampah akan berfungsi sebagai wadah untuk berbagi pengalaman, mengembangkan sistem yang lebih baik dan mengkoordinasikan upaya pengelolaan sampah secara terpadu di berbagai tingkat pemerintahan dan sektor swasta. Terakhir, restorasi ekosistem pesisir melalui penanaman mangrove, pembersihan terumbu karang dan pembuatan zona perlindungan laut dapat membantu memulihkan keseimbangan ekosistem yang terganggu akibat pencemaran sampah.

3.2. Kerangka kerja DPSIR

Kerangka kerja DPSIR telah banyak digunakan oleh pemerintah dan pengelola lingkungan pantai di seluruh dunia, memberikan dasar untuk pengambilan keputusan yang bertanggung jawab sebagai bagian dari program manajemen pantai terpadu (Lozoya *et al.* 2011). Pendekatan yang digunakan dalam studi ini bertujuan untuk mendukung pengembangan pariwisata Pantai Pangandaran dengan meningkatkan kesejahteraan penduduk dan kenyamanan pengunjung pantai melalui pengelolaan sampah yang efektif. Ini dicapai dengan penerapan kebijakan dan pengambilan keputusan yang tepat terkait program manajemen pantai terpadu di masa depan. Berikut adalah kerangka kerja DPSIR dari penjelasan yang telah diberikan.



Gambar 5. Kerangka kerja DPSIR.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis permasalahan sampah di Pantai Pangandaran menggunakan kerangka DPSIR mengungkapkan kompleksitas interaksi antara faktor alam dan aktivitas manusia yang berkontribusi terhadap degradasi lingkungan pesisir. Pertumbuhan populasi, peningkatan aktivitas pariwisata, serta karakteristik geografis dan oseanografis unik wilayah ini telah menciptakan tekanan signifikan pada ekosistem pantai, mengakibatkan penurunan kualitas pantai, air dan ekosistem laut. Menghadapi tantangan ini, diperlukan pendekatan komprehensif dan terpadu yang melibatkan inovasi teknologi. Keberhasilan implementasi strategi ini bergantung pada kolaborasi erat antara pemerintah, sektor swasta, akademisi dan masyarakat, dengan harapan dapat menciptakan model pengelolaan wisata pesisir yang berkelanjutan yang dapat diadaptasi di seluruh Indonesia, mendukung visi pariwisata nasional yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akila M, Anbalagan S, Lakshmisri NM, Janaki V, Ramesh T, Jancy Merlin R and Kamala-Kannan S. 2022. Heavy metal accumulation in selected fish species from Pulicat Lake, India, and health risk assessment. *Environmental Technology & Innovation* 27:102744.
- Alagic SČ, Šerbula SS, Töic SB, Pavlović AN and Petrovic JV. 2013. Bioaccumulation of arsenic and cadmium in birch and lime from the Bor region. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 65:671–682.
- Ali H, Khan E and Ilahi I. 2019. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry* 4:1-14.
- Anandkumar A, Nagarajan R, Prabakaran K, Bing CH and Rajaram R. 2018. Human health risk assessment and bioaccumulation of trace metals in fish species collected from the Miri coast, Sarawak, Borneo. *Marine Pollution Bulletin* 133:655–663.
- Antara News. 2023. Evaluasi arus mudik dan balik Idul Fitri 1444 Hijriah/2023 Masehi [internet]. Tersedia di: <https://www.antaranews.com/berita/3516813/118670-wisatawan-kunjungi-pantai-pangandaran-saat-libur-lebaran-2023>.

- Ashuri A dan Kustiasih T. 2020. Timbulan dan komposisi sampah wisata pantai Indonesia, studi kasus: Pantai Pangandaran. *Junal Permukiman* 15(1):1-9.
- Bolton K and Rousta K. 2019. Solid waste management toward zero landfill. *Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches* 4:53–63.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Ciamis. 2023. Statistik Daerah Kabupaten Pangandaran 2023. BPS Kabupaten Ciamis. Ciamis.
- [Disparbud Jabar] Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Provinsi Jawa Barat. 2023. Buku Pariwisata dan Budaya Dalam Angka Tahun 2023. Disparbud Provinsi Jawa Barat. Bandung.
- [EEA] European Environment Agency. 2007. Halting the Loss of Biodiversity by 2010: Proposal for a First Set of Indicators to Monitor Progress in Europe. EEA. Copenhagen.
- Gari SR, Newton A and Icely JD. 2015. A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management* 103:63-77.
- Hadid M, Ubudiyah A and Apriyani DW. 2020. Alternatif aspal modifikasi polimer dengan menggunakan sampah plastik kemasan makanan. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas* 4(1):43.
- Hanggono A. 2020. Inovasi penanganan sampah untuk laut yang berkelanjutan [internet]. Tersedia di: <https://bebassampah.id/perpustakaan/606/inovasi-penanganan-sampah-untuk-laut-yang-berkelanjutan>.
- Hardiman N and Burgin S. 2010. Recreational impacts on the fauna of Australian coastal marine ecosystems. *Journal of Environmental Management* 91(11):2096-2108.
- Herawati T, Kusuma UP, Zahidah, Herawati H, Nurhayati A, Yustiati A and Ghazali AB. 2023. Lead (Pb) pollution on the Pangandaran coast, West Java Province, Indonesia. *AACL Bioflux* 16(4):1827-1842.
- Ismail MR, Lewaru MW and Prihadi DJ. 2019. Microplastics ingestion by fish in the Pangandaran Bay, Indonesia. *World News of Natural Sciences* 23(1):173.
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R and Law KL. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223):768-771.

- Krelling AP, Williams AT and Turra A. 2017. Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. *Marine Policy* 85:87-99.
- Lewison RL, Rudd MA, Al-Hayek W, Baldwin C, Beger M, Lieske SN, Jones C, Satumanatpan S, Junchompo C and Hines E. 2016. How the DPSIR framework can be used for structuring problems and facilitating empirical research in coastal systems. *Environmental Science & Policy* 56:110-119.
- Lozoya JP, Sardá R and Jiménez J. 2011. Beach multi-risk assessment in the Costa Brava (Spain). *Journal of Coastal Research* 61:408-414.
- Miranti M, Utami FT dan Packo G. 2020. Uji kualitas air dan deteksi bakteri patogen dari Sungai Cirengganis dan air laut Pantai Timur Pangandaran. *Biotika* 18:2.
- Moss ED, Evans DM and Atkins JP. 2021. Investigating the impacts of climate change on ecosystem services in UK agro-ecosystems: an application of the DPSIR framework. *Land Use Policy* 105.
- Nugroho P, Yusuf M dan Suryono S. 2013. Strategi pengembangan ekowisata di Pantai Pangandaran Kabupaten Ciamis pasca tsunami. *Journal of Marine Research* 2(2):11-21.
- PerBup (Peraturan Bupati) Kabupaten Pangandaran Nomor 60 Tahun 2020 tentang rencana kerja pemerintah daerah Kabupaten Pangandaran tahun 2021.
- Rejabar. 2023. Libur lebaran, sampah di Pangandaran bisa mencapai ratusan ton [internet]. Tersedia di: <https://rejabar.republika.co.id/berita/rctx9d432/libur-lebaran-sampah-di-pangandaran-bisa-mencapai-ratusan-ton>.
- Relvas H and Miranda AI. 2018. Application of the DPSIR framework to air quality approaches. *Air Quality Atmosphere & Health* 11:1069-1079.
- Renaldi A. 2021. Peran Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan dalam pelayanan kebersihan di objek wisata Pantai Pangandaran Kabupaten Pangandaran. 1(1):725-736.
- Sarah I. 2015. Analisis dampak perkembangan perhotelan dan pengaruh limbahnya terhadap lingkungan pesisir Pantai Pangandaran [Tugas Akhir]. Program Studi Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB, Bandung.

- Sarmina NS, Mohd HI, Pakhriazada HZ and Khairil WA. 2016. The DPSIR framework for causes analysis of mangrove deforestation in Johor Malaysia. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 6:214-218.
- Satriawan RBPH, Ihsan YN, Herawati T, Nurhayati A, Yuniarti dan Sunarto. 2024. Evaluasi sebaran dan pengelolaan sampah laut di pesisir Pantai Pangandaran. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal* 11(1):67-77.
- Sealey KS and Smith J. 2014. Recycling for small island tourism developments: food waste composting at Sandals Emerald Bay, Exuma, Bahamas. *Resources, Conservation and Recycling* 92:25-37.
- Sheavly SB and Register KM. 2007. Marine debris & plastics: Environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment* 15:301-305.
- Skoulidakis NT. 2009. The environmental state of rivers in the Balkans—A review within the DPSIR framework. *Science Total Environment* 407(8):2501-2516.
- Sumaryana A. 2018. Tourism and the welfare of Pangandaran people. *Review of Integrative Business and Economics Research* 7:210-20.
- Suroso DSA and Sofian I. 2009. Vulnerability of the Northern Coast of Java, Indonesia to climate change and the need of planning response [Proceeding]. *Proceeding Positioning Planning in the Global Crises, International Conference on Urban and Regional Planning*.
- Thiel M, Hinojosa IA, Miranda L, Pantoja JF, Rivadeneira MM and Vásquez N. 2013. Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin* Volume 71(1-2):307-316.
- Wahdatunnisa M. 2019. Pelaksanaan pengelolaan sampah oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Pangandaran. *Jurnal MODERAT* 5(2):123-138.
- Yee MS, Hii L, Loii CK, Lim W, Wong S, Kok Y, Tan B, Wong C and Leong C. 2021. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials* 11(496):4-15.