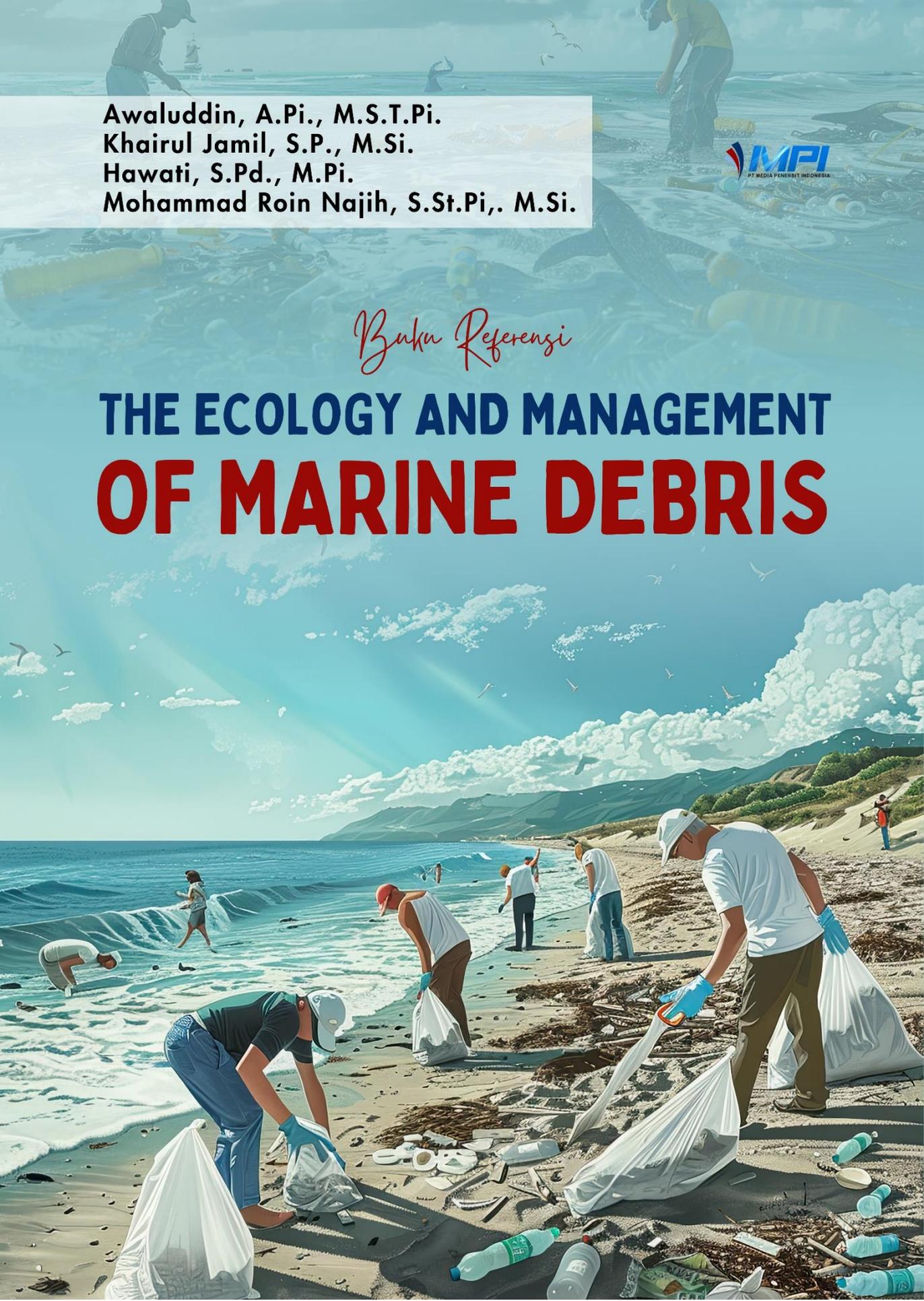


Awaluddin, A.Pi., M.S.T.Pi.
Khairul Jamil, S.P., M.Si.
Hawati, S.Pd., M.Pi.
Mohammad Roin Najih, S.St.Pi., M.Si.



Buku Referensi

THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF MARINE DEBRIS



BUKU REFERENSI
***THE ECOLOGY AND
MANAGEMENT OF
MARINE DEBRIS***

**Awaluddin, A.Pi., M.S.T.Pi.
Khairul Jamil, S.P., M.Si.
Hawati, S.Pd., M.Pi.
Mohammad Roin Najih, S.St.Pi., M.Si.**



THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF MARINE DEBRIS

Ditulis oleh:

Awaluddin, A.Pi., M.S.T.Pi.
Khairul Jamil, S.P., M.Si.
Hawati, S.Pd., M.Pi.
Mohammad Roin Najih, S.St.Pi., M.Si.

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang keras memperbanyak, menerjemahkan atau mengutip baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.



ISBN: 978-623-8702-50-3
III + 212 hlm; 18,2x25,7 cm.
Cetakan I, Agustus 2024

Desain Cover dan Tata Letak:

Ajrina Putri Hawari, S.AB.

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh

PT Media Penerbit Indonesia

Royal Suite No. 6C, Jalan Sedap Malam IX, Sempakata

Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan 20131

Telp: 081362150605

Email: ptmediapenerbitindonesia@gmail.com

Web: <https://mediapenerbitindonesia.com>

Anggota IKAPI No.088/SUT/2024



KATA PENGANTAR

Masalah sampah laut telah menjadi perhatian utama di seluruh dunia, karena dampaknya yang merusak ekosistem laut dan mengancam kehidupan biota laut serta manusia. Dalam beberapa dekade terakhir, jumlah sampah yang memasuki laut terus meningkat dengan pesat, yang sebagian besar terdiri dari plastik. Plastik ini tidak hanya mencemari perairan, tetapi juga menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan laut melalui entanglement dan ingestion.

Buku referensi ini disusun untuk memberikan wawasan komprehensif mengenai asal-usul, dampak, dan strategi pengelolaan sampah laut. Buku referensi ini membahas latar belakang masalah sampah laut, dampak ekologi terhadap ekosistem dan organisme laut, strategi pengelolaan yang dapat diterapkan, dan studi kasus dari berbagai belahan dunia mengenai upaya pengelolaan sampah laut yang berhasil.

Semoga buku referensi ini dapat bermanfaat bagi akademisi, peneliti, praktisi lingkungan, serta pembuat kebijakan dalam memahami dan menangani masalah sampah laut.

Salam Hangat,

Tim Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I LATAR BELAKANG	1
A. Definisi dan Ruang Lingkup Sampah Laut	1
B. Sejarah dan Perkembangan Masalah Sampah Laut	5
C. Pentingnya Studi tentang Sampah Laut	19
BAB II TUJUAN DAN MANFAAT BUKU	25
A. Tujuan Penulisan	25
B. Manfaat bagi Pembaca dan Peneliti	27
C. Relevansi dan Kontribusi Terhadap Ilmu Pengetahuan	29
BAB III METODOLOGI PENULISAN	33
A. Pendekatan dan Metode yang Digunakan	33
B. Teknik Pengumpulan Data	36
C. Analisis Data dan Validasi	43
BAB IV KOMPOSISI DAN SUMBER SAMPAH LAUT	57
A. Jenis-jenis Sampah Laut	57
B. Sumber dan Penyebab Utama	65
C. Proses Pembentukan Sampah Laut	72
BAB V DISTRIBUSI DAN PERGERAKAN SAMPAH LAUT	79
A. Pola Distribusi Geografis	79
B. Mekanisme Pergerakan di Laut	84
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Distribusi	90
BAB VI DAMPAK EKOLOGIS SAMPAH LAUT	99
A. Dampak pada Ekosistem Laut	99
B. Dampak pada Keanekaragaman Hayati Laut	104

C.	Dampak pada Proses Ekologi Laut.....	108
BAB VII DAMPAK SOSIAL DAN EKONOMI SAMPAH LAUT		
	115
A.	Dampak pada Sektor Perikanan.....	115
B.	Dampak pada Pariwisata dan Rekreasi.....	119
C.	Dampak pada Infrastruktur dan Kesehatan.....	123
BAB VIII PENGELOLAAN DAN PENGENDALIAN SAMPAH LAUT		
	LAUT	129
A.	Kebijakan dan Regulasi	129
B.	Teknologi dan Inovasi dalam Pengelolaan Sampah Laut	135
C.	Peran Masyarakat dan Lembaga Non-Pemerintah	140
BAB IX STUDI KASUS DAN PRAKTIK TERBAIK		
		147
A.	Studi Kasus di Berbagai Negara	147
B.	Program dan Inisiatif Sukses	161
C.	Pembelajaran dari Praktik Terbaik	167
BAB X PENDEKATAN TERINTEGRASI DALAM		
	PENGELOLAAN SAMPAH LAUT	175
A.	Pendekatan Ekosistem	175
B.	Kolaborasi Antar Sektor	181
C.	Inisiatif Lokal dan Global.....	187
BAB XI KESIMPULAN		
		193
DAFTAR PUSTAKA		
		195
GLOSARIUM.....		
		207
INDEKS		
		209
BIOGRAFI PENULIS.....		
		211



BAB I

LATAR BELAKANG

Sampah laut telah menjadi ancaman serius bagi ekosistem laut dan kehidupan manusia. Dalam beberapa dekade terakhir, produksi dan konsumsi plastik meningkat secara eksponensial, menyebabkan akumulasi sampah yang signifikan di lautan. Plastik, yang sulit terurai secara alami, terus menumpuk dan menyebar ke seluruh lautan dunia, mulai dari pantai hingga ke dasar laut terdalam. Kehadiran sampah laut ini tidak hanya mengganggu keindahan alam tetapi juga mengancam keberlanjutan lingkungan laut.

Dampak dari sampah laut sangat beragam, mulai dari merusak habitat laut, menjerat dan mengancam kehidupan hewan laut, hingga memasuki rantai makanan dan mengancam kesehatan manusia. Hewan laut sering kali salah mengira plastik sebagai makanan, yang dapat menyebabkan kematian akibat penyumbatan saluran pencernaan atau keracunan. Selain itu, mikroplastik, partikel plastik yang sangat kecil, dapat terakumulasi dalam organisme laut dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia, menyebabkan potensi risiko kesehatan jangka panjang.

A. Definisi dan Ruang Lingkup Sampah Laut

Sampah laut atau *marine debris* adalah segala jenis benda yang secara sengaja atau tidak sengaja dibuang atau ditinggalkan di laut, pantai, dan lingkungan pesisir. Menurut *United Nations Environment Programme* (UNEP), *marine debris* didefinisikan sebagai “*any persistent, manufactured or processed solid material discarded, disposed of, or abandoned in the marine and coastal environment*”. Pengertian ini mencakup benda-benda buatan manusia yang tidak mudah terurai dan dapat bertahan lama di lingkungan laut.

Jambeck et al. (2015) memperkirakan bahwa setiap tahun sekitar 8 juta metrik ton plastik memasuki lautan dari darat. Jumlah ini setara

dengan menempatkan lima kantong penuh sampah di setiap 30 cm dari garis pantai di seluruh dunia. Angka ini mencerminkan besarnya skala masalah yang dihadapi. *Marine debris* tidak hanya terdiri dari sampah yang dibuang dengan sengaja, tetapi juga meliputi benda-benda yang terlepas secara tidak sengaja atau dibawa oleh angin dan arus laut. Contoh umum termasuk jaring ikan yang hilang, kantong plastik, botol minuman, dan mikroplastik yang berasal dari produk sehari-hari seperti kosmetik dan pakaian. *Marine debris* memiliki dampak yang luas dan beragam, yang dapat dikategorikan ke dalam beberapa area utama:

1. Ekosistem Laut dan Kehidupan Laut

Marine debris memiliki dampak yang merusak pada ekosistem laut, terutama pada kehidupan laut yang menjadi korban langsung dari sampah tersebut. Hewan laut sering kali terjatuh dalam sampah atau mengkonsumsinya, yang dapat menyebabkan cedera atau kematian. Misalnya, ikan, penyu, dan mamalia laut seperti lumba-lumba dan anjing laut dapat terjatuh dalam jaring atau potongan plastik, yang menghambat kemampuan untuk berenang dan mencari makanan, serta menyebabkan luka yang bisa berakibat fatal. Burung laut, seperti albatros dan camar, sering kali mengonsumsi potongan plastik yang dikira sebagai makanan, yang kemudian memenuhi perutnya dan menyebabkan malnutrisi atau kematian.

Gregory (2009) menemukan bahwa lebih dari 260 spesies laut telah terdampak oleh *marine debris* melalui proses terjatuh atau tertelan. Jumlah ini mencakup berbagai jenis organisme, mulai dari burung laut, mamalia laut, hingga berbagai spesies ikan. Terjeratnya hewan laut dalam sampah tidak hanya menyebabkan kematian individu-individu tersebut tetapi juga dapat mengganggu populasi secara keseluruhan, terutama bagi spesies yang sudah terancam punah. Selain itu, tertelannya plastik dan bahan beracun lainnya oleh hewan laut dapat menyebabkan akumulasi toksin dalam tubuh, yang tidak hanya mempengaruhi kesehatan individu tetapi juga dapat ditransfer melalui rantai makanan, mengancam kesehatan ekosistem laut secara keseluruhan.

Gambar 1. *Marine Debris*



Sumber: *Waste4Charge*

Dampak buruk *marine debris* pada ekosistem laut menekankan pentingnya upaya untuk mengurangi pencemaran laut dan mengelola sampah dengan lebih efektif. Solusi yang dapat diambil meliputi peningkatan kesadaran publik tentang bahaya *marine debris*, penerapan kebijakan yang membatasi penggunaan plastik sekali pakai, serta peningkatan kegiatan pembersihan pantai dan laut.

2. Kesehatan Manusia

Marine debris, terutama dalam bentuk mikroplastik, telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia. Ketika sampah plastik terdegradasi di lingkungan laut, ia pecah menjadi potongan-potongan kecil yang disebut mikroplastik. Potongan-potongan ini kemudian dapat dikonsumsi oleh organisme laut kecil seperti plankton, yang menjadi makanan bagi ikan dan hewan laut lainnya. Dengan demikian, mikroplastik masuk ke dalam rantai makanan laut dan pada akhirnya bisa mencapai manusia melalui konsumsi produk makanan laut. Penelitian oleh Smith et al. (2018) menunjukkan bahwa mikroplastik telah ditemukan dalam berbagai produk makanan laut yang dikonsumsi manusia, termasuk ikan dan kerang, menimbulkan kekhawatiran tentang potensi efek kesehatan jangka panjang.

Mikroplastik yang masuk ke tubuh manusia melalui konsumsi makanan laut dapat membawa serta bahan kimia berbahaya yang menempel pada permukaan. Bahan kimia ini, termasuk polutan organik

yang persisten (POP) dan aditif plastik seperti bisphenol A (BPA), diketahui memiliki efek merugikan pada kesehatan manusia. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan terhadap bahan kimia ini dapat menyebabkan gangguan hormon, masalah reproduksi, serta risiko kanker yang meningkat. Selain itu, partikel mikroplastik itu sendiri dapat menyebabkan peradangan dan kerusakan jaringan jika terakumulasi dalam organ tubuh.

3. Ekonomi

Marine debris memiliki dampak ekonomi yang sangat signifikan, mempengaruhi berbagai sektor penting seperti pariwisata, perikanan, dan pelayaran. Industri pariwisata, yang sangat bergantung pada keindahan dan kebersihan pantai serta laut, sering kali menderita kerugian besar akibat sampah laut. Pantai yang tercemar oleh sampah plastik dan puing-puing lainnya mengurangi daya tarik destinasi wisata, menyebabkan penurunan jumlah wisatawan. Akibatnya, hotel, restoran, dan bisnis lokal lainnya mengalami penurunan pendapatan. Menurut McIlgorm et al. (2011), biaya global dari *marine debris*, termasuk kehilangan pendapatan dari pariwisata dan biaya pembersihan, mencapai miliaran dolar setiap tahunnya.

Industri perikanan juga sangat terdampak oleh kehadiran *marine debris*. Jaring ikan yang tersangkut pada puing-puing di laut dapat menyebabkan kerusakan dan kehilangan alat tangkap, serta penurunan produktivitas perikanan. Ikan dan organisme laut lainnya yang terpapar atau mengkonsumsi mikroplastik juga dapat mengalami penurunan kualitas dan nilai jual. *Marine debris* tidak hanya mempengaruhi kuantitas hasil tangkapan tetapi juga kualitas produk makanan laut yang dipasarkan, menurunkan kepercayaan konsumen dan merugikan ekonomi nelayan dan industri perikanan secara keseluruhan.

Industri pelayaran juga menghadapi tantangan dari *marine debris*. Puing-puing yang mengapung di laut dapat merusak kapal, menimbulkan biaya perbaikan yang tinggi, dan mengganggu rute pelayaran. Selain itu, adanya sampah di jalur pelayaran dapat meningkatkan risiko kecelakaan laut, yang dapat menyebabkan kerugian finansial yang signifikan. Biaya pembersihan laut dari sampah dan penanganan kerusakan infrastruktur pelabuhan akibat *marine debris* juga merupakan beban ekonomi yang besar. Dengan demikian, untuk mengurangi dampak ekonomi negatif dari *marine debris*, diperlukan

upaya terpadu dalam pengelolaan sampah dan penerapan kebijakan yang efektif, yang tidak hanya melibatkan pemerintah tetapi juga industri dan masyarakat secara luas.

4. Lingkungan Pesisir

Sampah laut yang terdampar di pantai memiliki dampak yang merusak pada lingkungan pesisir, tidak hanya mengganggu pemandangan alam tetapi juga menyebabkan kerusakan fisik pada habitat pesisir. Puing-puing plastik yang menumpuk di sepanjang garis pantai dapat mengubah struktur alami sedimen pantai, yang merupakan habitat penting bagi berbagai organisme pesisir. Browne et al. (2010) menunjukkan bahwa keberadaan puing-puing plastik dapat mempengaruhi komposisi dan stabilitas sedimen, menyebabkan perubahan dalam tekstur dan struktur yang dapat berdampak negatif pada organisme yang bergantung pada habitat tersebut.

Perubahan struktur sedimen akibat sampah plastik dapat mengurangi keanekaragaman hayati di habitat pesisir. Organisme kecil seperti cacing, krustasea, dan moluska yang hidup di dalam sedimen dapat terganggu oleh kehadiran plastik, yang dapat menghalanginya dari menggali dan mencari makanan. Selain itu, perubahan tekstur sedimen dapat mengurangi kemampuan tumbuhan pesisir untuk berakar dengan baik, yang pada gilirannya mempengaruhi stabilitas dan kesehatan ekosistem pesisir secara keseluruhan.

Sampah laut juga dapat mempengaruhi spesies-spesies tertentu yang menggunakan pantai sebagai tempat berkembang biak atau berlindung. Penyu laut, misalnya, sering kali mengalami kesulitan ketika bertelur di pantai yang dipenuhi oleh puing-puing plastik, yang dapat menghalangi penyu betina menggali sarang atau menyebabkan masalah bagi tukik yang baru menetas untuk mencapai laut. Oleh karena itu, upaya pembersihan pantai dan pengurangan sampah plastik sangat penting untuk menjaga kesehatan dan keberlanjutan ekosistem pesisir.

B. Sejarah dan Perkembangan Masalah Sampah Laut

Masalah sampah laut telah menjadi perhatian utama selama beberapa dekade terakhir, tetapi jejak sejarahnya sudah ada sejak manusia pertama kali memulai eksplorasi dan perdagangan maritim. Masalah ini terus berkembang seiring dengan pertumbuhan populasi

manusia, industrialisasi, dan konsumsi material yang tidak mudah terurai, terutama plastik.

1. Awal Mula dan Sejarah Kuno

a. Zaman Kuno hingga Abad Pertengahan

Jejak awal sampah laut dapat ditelusuri kembali ke zaman kuno ketika peradaban manusia pertama kali mulai menelusuri dan menggunakan laut untuk pelayaran dan perdagangan. Bangsa Fenisia, Yunani, dan Romawi kuno adalah beberapa contoh peradaban yang sangat aktif dalam aktivitas maritim di seluruh Laut Mediterania, membangun kapal-kapal besar dan terlibat dalam perdagangan jarak jauh, membawa barang-barang seperti minyak zaitun, anggur, dan logam melintasi perairan. Meskipun aktivitas ini menghasilkan sejumlah limbah, jenis bahan yang digunakan pada masa itu sebagian besar alami dan mudah terurai, seperti kayu, logam, dan kaca. Oleh karena itu, sampah laut tidak menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan seperti yang kita lihat saat ini.

Selama periode ini, populasi manusia yang lebih kecil dan teknologi yang kurang berkembang juga berarti bahwa volume limbah yang dihasilkan jauh lebih rendah. Limbah organik, seperti sisa makanan dan bahan alami lainnya, akan terurai secara alami dan menjadi bagian dari siklus ekosistem laut tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti. Selain itu, bahan-bahan seperti logam dan kaca yang mungkin berakhir di laut akan berkarat atau terkikis oleh air laut, akhirnya menjadi bagian dari sedimen dasar laut. Ini berbeda dengan plastik dan bahan sintesis lainnya yang digunakan dalam jumlah besar saat ini, yang tidak mudah terurai dan tetap berada di lingkungan selama ratusan tahun.

Meskipun dampak lingkungan dari sampah laut pada zaman kuno hingga abad pertengahan relatif kecil, ada bukti bahwa manusia telah lama berkontribusi pada pencemaran laut. Misalnya, di beberapa situs arkeologi bawah laut, ditemukan artefak dan limbah yang berasal dari kapal-kapal kuno. Ini menunjukkan bahwa meskipun dalam skala yang lebih kecil, aktivitas manusia di laut telah meninggalkan jejak yang dapat dideteksi hingga ribuan tahun kemudian. Fenomena ini

memberikan perspektif bahwa bahkan pada tahap awal sejarah maritim, manusia telah mempengaruhi ekosistem laut, meskipun dengan dampak yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan era industri modern.

Selama abad pertengahan, aktivitas maritim tetap menjadi bagian penting dari perdagangan dan eksplorasi, dengan bangsa-bangsa seperti Viking, Arab, dan China memperluas jangkauan pelayaran. Meskipun kapal-kapal pada masa ini lebih besar dan teknologi navigasi lebih maju, prinsip dasar limbah laut tetap sama: bahan-bahan alami yang mudah terurai. Namun, seiring meningkatnya populasi dan intensitas perdagangan maritim, jumlah limbah yang dibuang ke laut juga meningkat. Walaupun demikian, tidak ada bukti bahwa limbah ini menyebabkan masalah lingkungan yang signifikan pada masa itu. Limbah laut baru benar-benar menjadi masalah besar pada era modern, seiring dengan peningkatan dramatis dalam populasi manusia, industrialisasi, dan penggunaan bahan-bahan sintetis yang tidak mudah terurai, seperti plastik.

b. Era Penjelajahan (Abad ke-15 hingga Abad ke-18)

Pada era Penjelajahan (Abad ke-15 hingga Abad ke-18), penjelajahan maritim oleh bangsa Eropa meningkat pesat. Bangsa-bangsa seperti Spanyol, Portugal, Belanda, Inggris, dan Prancis mengirim ekspedisi-ekspedisi besar untuk menelusuri dan memetakan dunia, menemukan rute-rute perdagangan baru, dan mengklaim wilayah-wilayah baru. Kapal-kapal besar berlayar melintasi samudra, membawa serta barang-barang seperti rempah-rempah, sutra, logam mulia, dan berbagai komoditas lainnya. Meskipun demikian, jumlah sampah yang dihasilkan dari kapal-kapal ini masih relatif kecil dibandingkan dengan era modern. Limbah dari kapal-kapal pada masa itu terutama terdiri dari sisa makanan, barang-barang yang rusak atau tidak terpakai, dan sedikit bahan buatan manusia.

Limbah yang dihasilkan dari kapal-kapal pada era ini lebih banyak terdiri dari bahan-bahan organik dan alami yang mudah terurai. Sisa makanan dan bahan-bahan alami lainnya biasanya dibuang ke laut, di mana akan terurai dan menjadi bagian dari ekosistem laut tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti. Barang-barang yang rusak atau tidak terpakai, seperti tali, layar,

atau peralatan kayu, juga cenderung terurai secara alami. Meskipun demikian, ada beberapa limbah buatan manusia, seperti potongan-potongan logam atau pecahan keramik, yang mungkin berakhir di laut, tetapi jumlahnya relatif kecil dan dampaknya terhadap lingkungan tidak sebesar sampah plastik yang kita lihat saat ini.

Penjelajahan maritim pada masa ini juga sering kali melibatkan kapal-kapal yang berlayar dalam waktu yang sangat lama, sering kali berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun. Ini berarti bahwa limbah yang dihasilkan di atas kapal juga sering kali disimpan dan dikelola dengan lebih hati-hati untuk mencegah masalah kesehatan di antara para awak kapal. Limbah yang bisa dibuang dengan aman ke laut biasanya dibuang, sementara yang lainnya mungkin disimpan hingga kapal mencapai pelabuhan. Praktik-praktik ini membantu meminimalkan dampak lingkungan dari limbah kapal selama era penjelajahan.

Meskipun era penjelajahan maritim membawa peningkatan besar dalam aktivitas manusia di laut, dampak lingkungan dari sampah laut tetap relatif kecil dibandingkan dengan era modern. Teknologi dan bahan yang digunakan pada masa itu masih sangat sederhana dan alami, dan limbah yang dihasilkan sebagian besar dapat terurai dengan mudah di lingkungan laut. Namun, era ini menandai awal dari peningkatan interaksi manusia dengan laut, yang pada akhirnya akan mengarah pada masalah yang lebih besar terkait sampah laut seiring dengan perkembangan teknologi dan peningkatan populasi manusia di masa-masa berikutnya.

2. Revolusi Industri dan Awal Masalah Sampah Laut Modern

a. Abad ke-19

Pada abad ke-19, Revolusi Industri membawa perubahan besar dalam cara manusia memproduksi dan mengonsumsi bahan. Produksi massal yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik besar meningkatkan efisiensi dan volume produksi barang-barang konsumsi. Urbanisasi yang pesat mengiringi perubahan ini, dengan populasi yang semakin padat di kota-kota besar. Peningkatan penggunaan bahan buatan manusia, seperti logam,

kaca, dan, kemudian, plastik, mulai berdampak signifikan pada lingkungan, termasuk lautan. Limbah dari pabrik-pabrik dan kota-kota besar sering kali dibuang langsung ke sungai dan laut tanpa pengolahan yang memadai, menyebabkan peningkatan polusi di daerah pesisir dan perairan laut.

Sampah mulai meningkat di daerah pesisir dan laut, sebagian besar karena kurangnya infrastruktur pengelolaan limbah yang memadai. Pada masa ini, banyak industri dan masyarakat perkotaan tidak memiliki sistem pembuangan sampah yang efisien. Limbah-limbah industri, termasuk bahan kimia berbahaya dan sisa produksi, sering kali dibuang langsung ke sungai yang kemudian mengalir ke laut. Selain itu, peningkatan konsumsi dan produksi barang-barang konsumsi menyebabkan akumulasi sampah yang lebih besar di daerah perkotaan dan pesisir. Meski demikian, perhatian terhadap masalah ini masih minimal, karena kesadaran lingkungan belum menjadi prioritas utama di kalangan industri maupun masyarakat umum.

Perubahan ini juga membawa dampak pada ekosistem laut. Limbah-limbah industri dan perkotaan mulai mencemari perairan, merusak habitat alami, dan mengancam kehidupan laut. Bahan-bahan buatan manusia yang tidak terurai, seperti kaca dan logam, mulai menumpuk di dasar laut dan pantai. Hewan-hewan laut mulai terjerat atau tertelan sampah ini, menyebabkan cedera dan kematian. Selain itu, polusi kimia dari limbah industri mulai mengganggu keseimbangan ekosistem laut, menyebabkan penurunan kualitas air dan kesehatan organisme laut.

Meskipun dampak negatif dari peningkatan sampah di laut sudah mulai terlihat pada abad ke-19, perhatian terhadap masalah ini masih sangat terbatas. Kesadaran akan pentingnya pelestarian lingkungan dan pengelolaan sampah yang berkelanjutan belum menjadi perhatian utama, baik di kalangan pemerintah maupun masyarakat. Upaya pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan laut masih sangat minim, dan baru mulai mendapatkan perhatian serius pada abad berikutnya, ketika dampak kumulatif dari pencemaran mulai dirasakan lebih luas. Revolusi Industri memang membawa kemajuan

besar dalam teknologi dan ekonomi, tetapi juga menandai awal dari masalah pencemaran laut yang semakin mendesak untuk diatasi.

b. Awal Abad ke-20

Pada awal abad ke-20, urbanisasi dan industrialisasi terus berkembang pesat, membawa dampak besar terhadap lingkungan, termasuk lautan. Kota-kota besar semakin padat, dengan populasi yang terus meningkat dan aktivitas industri yang semakin intensif. Dengan kemajuan teknologi dan peningkatan produksi, limbah dari aktivitas manusia juga semakin bertambah. Di tengah kemajuan ini, masalah sampah laut mulai muncul ke permukaan, mengingat limbah dari daratan sering kali berakhir di perairan melalui sungai dan saluran pembuangan yang tidak dikelola dengan baik.

Salah satu perkembangan paling signifikan pada awal abad ke-20 adalah diperkenalkannya bahan-bahan baru seperti plastik. Pada tahun 1907, Leo Baekeland menemukan Bakelite, salah satu plastik sintesis pertama yang diproduksi secara massal. Bakelite, dengan sifatnya yang tahan panas dan isolator listrik yang baik, membuka jalan bagi produksi berbagai jenis plastik lainnya. Plastik mulai digunakan dalam berbagai aplikasi, dari peralatan rumah tangga hingga komponen industri. Dengan kemampuannya untuk bertahan dalam berbagai kondisi dan daya tahan yang luar biasa, plastik segera menjadi bahan yang sangat populer dan meluas penggunaannya.

Seiring dengan meningkatnya penggunaan plastik, limbah plastik juga mulai muncul di laut. Plastik, yang tidak terurai dengan mudah, mulai menumpuk di lingkungan. Limbah plastik dari daratan, termasuk botol, kantong, dan kemasan, sering kali terbawa arus sungai ke laut, di mana ia mengapung di permukaan atau tenggelam ke dasar laut. Plastik yang mengapung di permukaan laut dapat terbawa arus laut ke daerah-daerah yang jauh, mencemari ekosistem laut yang luas. Hewan laut sering kali salah mengira plastik sebagai makanan, yang dapat menyebabkan cedera atau kematian.

Pada masa ini, kesadaran akan dampak buruk dari limbah plastik dan sampah laut masih sangat terbatas. Pengelolaan

sampah belum menjadi prioritas utama, dan upaya untuk mengurangi atau mendaur ulang plastik masih sangat minim. Meski demikian, beberapa ilmuwan dan aktivis lingkungan mulai memperhatikan masalah ini dan mengangkat kekhawatiran. Dampak kumulatif dari sampah plastik di laut baru benar-benar disadari beberapa dekade kemudian, ketika akumulasi sampah laut menjadi masalah lingkungan yang signifikan. Awal abad ke-20 menandai permulaan dari era plastik yang membawa banyak manfaat praktis, tetapi juga memulai tantangan besar dalam pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan laut.

3. Pertumbuhan Konsumsi Plastik dan Eksplorasi Samudera (1940-an hingga 1970-an)

a. Perang Dunia II dan Setelahnnya

Setelah Perang Dunia II, dunia menyaksikan ledakan dalam produksi dan konsumsi plastik. Industri plastik berkembang pesat karena plastik menawarkan solusi yang murah, tahan lama, dan serbaguna untuk berbagai kebutuhan, mulai dari peralatan rumah tangga hingga komponen industri. Keunggulan plastik yang ringan dan mudah dibentuk membuatnya ideal untuk produksi massal dalam skala besar. Akibatnya, plastik dengan cepat menggantikan bahan-bahan tradisional seperti kayu, logam, dan kaca di banyak aplikasi sehari-hari. Namun, sifat-sifat ini juga mulai menimbulkan kekhawatiran karena plastik tidak mudah terurai di lingkungan, menimbulkan ancaman jangka panjang bagi ekosistem.

Peningkatan konsumsi plastik pasca Perang Dunia II membawa dampak signifikan terhadap lingkungan laut. Plastik yang digunakan dan dibuang oleh masyarakat serta industri sering kali berakhir di perairan melalui saluran pembuangan yang tidak dikelola dengan baik. Plastik-plastik ini, yang tahan lama dan sulit terurai, mulai terakumulasi di laut, mencemari perairan dan pantai. Limbah plastik seperti kantong, botol, dan kemasan mulai menjadi pemandangan umum di banyak daerah pesisir, menimbulkan masalah estetika serta ancaman bagi kehidupan laut. Akumulasi plastik di laut ini tidak hanya terjadi

di daerah pesisir tetapi juga di lautan terbuka, terbawa oleh arus laut dan mencemari ekosistem laut yang lebih luas.

Penelitian oleh Carpenter and Smith pada tahun 1972 mengungkapkan adanya akumulasi plastik di Samudra Atlantik Utara, menandai salah satu penelitian awal tentang pencemaran plastik di laut. Studi ini menunjukkan bahwa sampah plastik, yang mengapung di permukaan laut, telah mencapai proporsi yang mengkhawatirkan dan dapat ditemukan di berbagai lokasi yang jauh dari sumber asalnya. Temuan ini mengejutkan banyak orang dan mulai memicu kesadaran tentang skala masalah pencemaran plastik di laut. Penelitian Carpenter dan Smith membuka mata dunia terhadap fakta bahwa plastik tidak hanya mencemari daerah pantai tetapi juga dapat menyebar luas melalui arus laut, mencemari ekosistem yang sebelumnya dianggap bersih dan tidak terjamah.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak negatif dari plastik terhadap lingkungan, upaya untuk memahami dan mengatasi masalah ini mulai dilakukan. Meski demikian, pada masa ini, tindakan konkret untuk mengurangi produksi dan konsumsi plastik masih sangat terbatas. Pengelolaan limbah plastik belum menjadi prioritas utama, dan daur ulang plastik belum umum dilakukan. Baru beberapa dekade kemudian, dengan semakin banyaknya penelitian dan bukti tentang dampak buruk plastik terhadap ekosistem laut dan kesehatan manusia, upaya lebih serius mulai dilakukan untuk mengurangi pencemaran plastik di laut. Periode setelah Perang Dunia II hingga beberapa dekade kemudian menandai awal dari tantangan besar dalam pengelolaan limbah plastik yang masih terus dihadapi hingga saat ini.

b. 1970-an: Dekade Kesadaran Lingkungan

Pada dekade 1970-an, kesadaran global tentang masalah lingkungan mulai meningkat secara signifikan. Periode ini sering disebut sebagai Dekade Kesadaran Lingkungan karena banyaknya gerakan dan inisiatif yang muncul untuk mengatasi berbagai masalah lingkungan. Salah satu fokus utama adalah pencemaran laut oleh sampah, termasuk plastik. Berbagai laporan dan penelitian mulai mengungkapkan dampak negatif dari sampah laut terhadap ekosistem dan kehidupan laut, yang

pada gilirannya memicu kekhawatiran di kalangan masyarakat dan pemerintah di seluruh dunia.

Pada tahun 1972, Konferensi Stockholm tentang Lingkungan Manusia, yang diselenggarakan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), menjadi tonggak penting dalam sejarah kesadaran lingkungan global. Konferensi ini menghasilkan Deklarasi Stockholm, sebuah dokumen penting yang membahas berbagai isu lingkungan dan mendorong tindakan internasional untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Deklarasi ini juga mengakui bahwa polusi laut merupakan salah satu tantangan utama yang harus segera ditangani. Konferensi ini merupakan langkah awal yang penting dalam membangun kerangka kerja global untuk perlindungan lingkungan, termasuk pengelolaan sampah laut.

Pada dekade ini, penelitian tentang dampak sampah plastik di laut mulai mendapatkan perhatian yang lebih serius. Studi seperti yang dilakukan oleh Carpenter and Smith pada tahun 1972 mengungkapkan bahwa sampah plastik, terutama mikroplastik, telah tersebar luas di lautan dan berdampak negatif terhadap kehidupan laut. Penemuan ini mengejutkan banyak orang dan memicu diskusi lebih lanjut tentang bagaimana sampah plastik dapat merusak ekosistem laut. Publikasi penelitian semacam ini membantu meningkatkan kesadaran tentang skala masalah dan pentingnya tindakan pencegahan dan pengelolaan limbah yang lebih baik.

Pada dekade ini juga, berbagai gerakan lingkungan mulai terbentuk, baik di tingkat lokal maupun internasional. Organisasi seperti Greenpeace, yang didirikan pada tahun 1971, mulai mengkampanyekan isu-isu lingkungan termasuk polusi laut. Gerakan ini berperan penting dalam meningkatkan kesadaran publik dan mendorong pemerintah untuk mengambil tindakan lebih tegas dalam melindungi lingkungan. Berkat upaya-upaya ini, isu sampah laut mulai mendapatkan perhatian yang layak, meskipun solusi konkret masih dalam tahap awal pengembangan. Dekade 1970-an menandai awal dari perjalanan panjang dalam mengatasi masalah sampah laut yang terus berlanjut hingga saat ini.

4. 1980-an hingga 1990-an: Pengakuan Internasional dan Penelitian Intensif

a. 1980-an: Peningkatan Kesadaran dan Tindakan Awal

Pada tahun 1980-an, perhatian global terhadap masalah sampah laut meningkat secara signifikan. Era ini melihat perubahan nyata dalam pemahaman dan respons terhadap pencemaran laut, sebagian besar didorong oleh penemuan dan laporan ilmiah yang mengungkap dampak luas dari sampah plastik terhadap ekosistem laut. Keprihatinan ini memicu serangkaian tindakan awal untuk mengatasi masalah yang berkembang. Masyarakat ilmiah, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah mulai mengambil langkah-langkah lebih konkret untuk mengurangi dan mengatur pembuangan sampah ke laut.

Salah satu tonggak penting dalam dekade ini adalah adopsi Konvensi Internasional untuk Pencegahan Pencemaran dari Kapal (MARPOL 73/78). Konvensi ini, yang diadopsi oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO), bertujuan untuk mengurangi pencemaran laut dari kapal dengan menetapkan standar internasional yang ketat. Salah satu bagian yang paling relevan dari MARPOL adalah Annex V, yang diadopsi pada tahun 1988. Annex V secara khusus melarang pembuangan sampah plastik dari kapal ke laut, sebuah langkah besar dalam upaya mengurangi pencemaran laut oleh plastik. Larangan ini diresmikan sebagai respons terhadap bukti-bukti yang semakin banyak tentang dampak merusak dari sampah plastik terhadap kehidupan laut.

Adopsi Annex V dari MARPOL menandai awal dari pendekatan yang lebih terorganisir dan sistematis dalam menangani masalah sampah laut. Negara-negara di seluruh dunia mulai mengimplementasikan regulasi yang lebih ketat terkait pembuangan sampah dari kapal. Selain itu, kesadaran publik tentang masalah ini juga meningkat. Kampanye kesadaran lingkungan, yang didorong oleh organisasi non-pemerintah dan kelompok lingkungan, berperan penting dalam mendidik masyarakat tentang pentingnya menjaga lautan dari pencemaran sampah. Media massa juga mulai meliput isu ini secara lebih intensif, membantu menyebarkan informasi tentang

dampak negatif dari sampah laut dan pentingnya tindakan pencegahan.

Komunitas ilmiah terus melakukan penelitian untuk memahami lebih dalam tentang distribusi, dampak, dan solusi potensial untuk sampah laut. Penelitian-penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk kebijakan dan tindakan lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah plastik tidak hanya mencemari permukaan laut tetapi juga menyebar ke dasar laut dan mempengaruhi berbagai ekosistem laut. Temuan ini memperkuat urgensi untuk mengambil tindakan lebih drastis dalam mengelola sampah plastik dan mencegah pembuangannya ke laut. Dekade 1980-an, dengan peningkatan kesadaran dan tindakan awalnya, menjadi fondasi penting bagi upaya berkelanjutan dalam mengatasi masalah sampah laut yang masih menjadi tantangan hingga hari ini.

b. Penelitian dan Laporan

Pada dekade 1980-an, penelitian yang mendalam mulai mengungkapkan dampak serius dari sampah laut terhadap kehidupan laut. Salah satu studi yang menonjol adalah oleh Laist (1987), yang secara khusus mencatat angka mengejutkan: lebih dari 100.000 mamalia laut dan burung laut mati setiap tahun akibat terjerat dalam sampah atau mengkonsumsi plastik. Penelitian ini menjadi salah satu yang pertama memberikan gambaran jelas tentang sejauh mana sampah laut memengaruhi spesies-spesies penting dalam ekosistem laut. Temuan ini mengungkapkan bahwa sampah plastik, terutama, tidak hanya mencemari lautan tetapi juga memiliki dampak langsung yang mematikan pada fauna laut.

Laist (1987) menemukan bahwa mamalia laut seperti paus dan anjing laut, serta burung laut seperti albatros, sering kali terjerat dalam sampah plastik seperti jaring dan kantong plastik. Selain terjerat, banyak spesies ini juga mengkonsumsi plastik yang tersangkut di perairan. Plastik yang tertelan tidak dapat dicerna dan menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan, kelaparan, dan kematian. Temuan ini mendorong para ilmuwan dan pengambil kebijakan untuk lebih fokus pada dampak

sampah plastik dan mendesak perlunya tindakan yang lebih efektif untuk mengurangi pembuangan sampah ke laut.

Penelitian ini juga berfungsi sebagai dorongan untuk meningkatkan perhatian dan tindakan terhadap masalah sampah laut. Berita tentang kematian massal mamalia laut dan burung laut memicu respons global yang lebih besar, baik dari kalangan publik maupun pemerintah. Kesadaran yang meningkat ini mengarah pada pengembangan dan implementasi kebijakan yang lebih ketat, serta program-program edukasi yang bertujuan mengurangi pembuangan sampah plastik ke laut. Laporan dan penelitian ini menjadi bagian penting dalam kampanye global untuk melindungi ekosistem laut dan meningkatkan regulasi tentang pengelolaan sampah.

Dekade 1980-an menandai periode penting dalam penelitian dan laporan tentang dampak sampah laut. Penemuan-penemuan ini tidak hanya memberikan wawasan berharga tentang bagaimana sampah laut mempengaruhi kehidupan laut tetapi juga memicu perubahan dalam kebijakan dan tindakan di tingkat internasional. Penelitian semacam itu membahas perlunya pendekatan yang lebih terkoordinasi dan terintegrasi dalam mengatasi pencemaran laut dan memperkuat upaya global untuk melindungi lautan dan spesies yang bergantung padanya.

5. 2000-an hingga Sekarang: Krisis Global dan Upaya Mitigasi

a. Peningkatan Produksi Plastik dan Krisis Sampah Laut

Pada awal abad ke-21, dunia menyaksikan lonjakan dramatis dalam produksi plastik, yang mencapai tingkat tertinggi sepanjang sejarah. Sifat plastik yang murah, ringan, dan serbaguna membuatnya menjadi pilihan utama di banyak aplikasi industri dan konsumen. Namun, lonjakan produksi ini juga berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama laut.

Seiring dengan meningkatnya produksi plastik, jumlah plastik yang berakhir di lautan juga mengalami lonjakan yang signifikan. Jambeck et al. (2015) memperkirakan bahwa sekitar 8 juta metrik ton plastik masuk ke lautan setiap tahun dari sumber darat. Sumber utama plastik ini termasuk kemasan sekali pakai, botol, kantong plastik, dan barang-barang

konsumen lainnya yang sering kali dibuang sembarangan atau tidak dikelola dengan baik. Plastik yang terbangun ini mengalir ke sistem perairan dan akhirnya mencapai lautan, di mana ia menjadi bagian dari masalah pencemaran global yang semakin memburuk.

Peningkatan jumlah plastik di lautan menimbulkan krisis lingkungan yang serius. Plastik yang memasuki lautan tidak hanya mencemari perairan tetapi juga mempengaruhi ekosistem laut dengan berbagai cara. Plastik besar dapat merusak habitat laut seperti terumbu karang dan padang lamun, sementara mikroplastik partikel plastik yang terdegradasi dapat menyebar di seluruh ekosistem dan dikonsumsi oleh organisme laut. Akumulasi plastik ini tidak hanya menimbulkan masalah ekologis tetapi juga berdampak pada kesehatan manusia dan ekonomi.

Untuk mengatasi krisis sampah laut yang semakin memburuk, perlu adanya pendekatan yang terkoordinasi dan efektif dalam pengelolaan plastik. Ini mencakup pengurangan produksi plastik sekali pakai, peningkatan sistem pengelolaan sampah, serta pengembangan teknologi baru untuk membersihkan plastik dari lautan. Upaya global harus melibatkan kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat untuk menghadapi tantangan besar ini dan melindungi ekosistem laut serta kesehatan planet kita.

b. Kesadaran dan Aksi Global

Kesadaran global tentang krisis sampah laut telah mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Berbagai konferensi internasional, seperti Konferensi Kelautan PBB dan *Our Ocean Conference*, telah berperan kunci dalam memfokuskan perhatian dunia pada masalah sampah laut dan pentingnya tindakan bersama untuk mengatasinya. Konferensi-konferensi ini mengumpulkan pemangku kepentingan dari seluruh dunia, termasuk pemerintah, organisasi non-pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil, untuk berdiskusi dan merumuskan strategi yang efektif dalam menangani pencemaran laut oleh sampah. Agenda yang dibahas mencakup kebijakan pengurangan penggunaan plastik sekali

pakai, peningkatan kapasitas daur ulang, serta upaya pembersihan laut dari sampah.

Sebagai respons terhadap kesadaran yang meningkat, negara-negara di seluruh dunia mulai meluncurkan berbagai inisiatif untuk mengurangi dampak sampah laut. Beberapa negara telah mengimplementasikan larangan terhadap penggunaan plastik sekali pakai, seperti kantong plastik dan sedotan, untuk mengurangi jumlah plastik yang masuk ke lingkungan. Selain itu, program-program daur ulang telah diperkuat untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah plastik dan mengurangi jumlah plastik yang terbuang ke lautan. Negara-negara juga bekerja sama untuk memperkuat regulasi internasional yang mengatur pembuangan sampah laut dan meningkatkan kapasitas pengawasan serta penegakan hukum.

Organisasi non-pemerintah (NGO) berperan penting dalam mengedukasi masyarakat, melakukan kampanye kesadaran, dan memfasilitasi pembersihan pantai serta lautan dari sampah plastik. Sering bekerja sama dengan komunitas lokal dan sektor swasta untuk melaksanakan proyek-proyek yang bertujuan mengurangi polusi plastik dan mempromosikan solusi berkelanjutan. Misalnya, kampanye seperti "*The Ocean Cleanup*" berusaha mengembangkan teknologi inovatif untuk mengumpulkan sampah plastik dari lautan dan mengurangi akumulasi di area-area yang sangat tercemar.

Sektor swasta juga semakin terlibat dalam upaya ini dengan meluncurkan inisiatif keberlanjutan sendiri, seperti mengurangi penggunaan plastik dalam kemasan produk, mendukung program daur ulang, dan berinvestasi dalam penelitian untuk bahan alternatif yang ramah lingkungan. Upaya kolektif ini menunjukkan bahwa penanganan krisis sampah laut memerlukan pendekatan multi-sektor yang melibatkan kerjasama antara pemerintah, masyarakat, sektor swasta, dan organisasi non-pemerintah. Hanya melalui tindakan global yang terkoordinasi dan terintegrasi, masalah sampah laut dapat diatasi secara efektif.

C. Pentingnya Studi tentang Sampah Laut

Sampah laut atau *marine debris* merupakan salah satu ancaman lingkungan yang paling signifikan dan mendesak yang dihadapi oleh lautan dan ekosistem pesisir di seluruh dunia. Studi tentang sampah laut sangat penting karena dampaknya yang luas dan beragam terhadap ekosistem laut, kesehatan manusia, ekonomi, dan perubahan iklim. Memahami dan mengatasi masalah ini memerlukan pendekatan ilmiah yang komprehensif.

1. Dampak Ekologis

a. Kerusakan Habitat Laut

Sampah laut memiliki dampak serius pada habitat laut yang vital, yang mencakup terumbu karang, lamun, dan pantai berpasir. Terumbu karang, sebagai salah satu ekosistem paling produktif dan biodivers, sangat rentan terhadap kerusakan akibat sampah laut. Jaring ikan yang hilang atau ditinggalkan, sering dikenal sebagai "*ghost nets*," dapat terjatuh di terumbu karang dan merusak struktur fisiknya. Spalding et al. (2017) menyatakan bahwa terumbu karang bukan hanya rumah bagi sekitar 25% spesies laut, tetapi juga berfungsi sebagai pelindung alami pantai dari badai dan erosi. Kerusakan pada terumbu karang berarti kehilangan habitat kritis untuk banyak spesies laut dan penurunan fungsi pelindung yang penting bagi komunitas pesisir.

Lamun, yang merupakan ekosistem laut penting lainnya, juga terancam oleh sampah laut. Lamun berfungsi sebagai penyaring alami, meningkatkan kualitas air, dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut kecil. Namun, sampah seperti plastik dan jaring ikan yang terdampar di area lamun dapat menyebabkan penurunan kesehatan lamun dan merusak kemampuannya untuk mendukung kehidupan laut. Sampah ini juga dapat mengurangi efisiensi lamun dalam melindungi pantai dari erosi dan perubahan lingkungan.

Pantai berpasir, yang sering menjadi tempat bersarang bagi burung laut dan spesies penyu, juga terdampak oleh akumulasi sampah laut. Sampah yang terdampar di pantai tidak hanya merusak pemandangan dan menurunkan nilai rekreasi, tetapi

juga dapat mencemari habitat penyu dan burung laut yang bergantung pada pantai untuk berkembang biak dan mencari makanan. Kerusakan pada habitat ini mengancam keanekaragaman hayati dan kesehatan ekosistem pesisir secara keseluruhan, membahas kebutuhan mendesak untuk upaya perlindungan dan pembersihan yang lebih efektif.

b. Konsumsi Sampah oleh Hewan Laut

Sampah laut, terutama plastik, sering kali dikelirukan oleh hewan laut sebagai makanan. Ikan, burung, dan mamalia laut bisa menelan plastik yang tampak mirip dengan makanan alami, seperti plankton atau ikan kecil. Ketika plastik masuk ke dalam saluran pencernaan hewan-hewan ini, ia dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan serius, termasuk penyumbatan usus, kelaparan, dan bahkan kematian. Gall dan Thompson (2015) mengidentifikasi lebih dari 700 spesies laut yang telah terdampak oleh sampah laut, menggarisbawahi sejauh mana masalah ini menyebar di seluruh ekosistem laut.

Plastik yang tertelan juga dapat menyebabkan kerusakan internal, seperti luka atau peradangan, yang memperburuk kondisi kesehatan hewan. Mikroplastik yang lebih kecil dapat masuk ke dalam jaringan tubuh dan berpotensi menyebabkan efek kesehatan jangka panjang, termasuk gangguan hormon dan sistem imun. Burung laut, seperti albatros dan camar, sering ditemukan dengan perut penuh plastik, yang dapat menyebabkan kematian karena kekurangan nutrisi dan infeksi.

Risiko kepunahan juga meningkat bagi spesies yang terancam oleh konsumsi sampah laut. Beberapa spesies hewan laut yang bergantung pada habitat tertentu, seperti penyu laut yang memakan medusa, dapat mengalami penurunan jumlah karena sampah plastik yang mengganggu pola makan dan kesehatan. Dampak kumulatif dari konsumsi sampah laut dapat mempengaruhi struktur dan fungsi ekosistem laut secara keseluruhan, menekankan perlunya tindakan segera untuk mengurangi pencemaran dan melindungi spesies-spesies ini dari kepunahan.

c. Entanglement atau Terjerat

Sampah laut yang berbentuk jaring ikan atau benda-benda besar lainnya dapat menjadi ancaman besar bagi kehidupan laut

melalui proses entanglement, atau terjat. Jaring ikan yang hilang atau ditinggalkan, sering kali disebut *ghost nets*, dapat mengambang di laut dan menangkap hewan-hewan seperti penyu, lumba-lumba, dan anjing laut. Hewan-hewan ini dapat terjat dalam jaring, yang menghambat kemampuan untuk bergerak dan bernapas dengan normal. Werner et al. (2016) mencatat bahwa entanglement adalah salah satu penyebab utama kematian tidak alami pada mamalia laut, menggambarkan dampak serius dari pencemaran ini.

Hewan yang terjat sering kali mengalami cedera fisik yang parah, termasuk luka terbuka, patah tulang, atau bahkan amputasi bagian tubuh. Terjatnya hewan laut juga mengakibatkan kesulitan dalam mencari makanan dan berenang, yang dapat mengarah pada kelaparan dan kematian. Selain itu, entanglement dapat menyebabkan stres yang ekstrem dan mengganggu proses reproduksi, memperburuk dampak pada populasi spesies yang sudah rentan.

Kematian akibat terjat juga mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan, karena hewan-hewan yang terjat sering kali merupakan bagian penting dari rantai makanan dan struktur ekosistem. Penurunan jumlah spesies kunci dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengurangi keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi entanglement, seperti pembersihan jaring dan peningkatan kesadaran, sangat penting untuk melindungi spesies laut dan menjaga kesehatan ekosistem laut.

d. Perubahan Ekosistem

Mikroplastik, partikel plastik yang sangat kecil yang berasal dari degradasi sampah plastik lebih besar, telah menyebar luas ke hampir semua ekosistem laut, dari permukaan hingga kedalaman laut terdalam. Mikroplastik dapat terakumulasi di lingkungan laut dan mengandung polutan organik berbahaya, seperti pestisida dan logam berat, yang terikat pada permukaannya. Cole et al. (2013) mengungkapkan bahwa mikroplastik dapat mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi plankton, organisme mikroskopis yang menjadi dasar rantai makanan laut. Gangguan pada plankton dapat berdampak negatif pada seluruh ekosistem laut, karena

plankton adalah makanan utama bagi banyak spesies laut, dari krustasea hingga ikan besar.

Ketika mikroplastik memasuki rantai makanan, dapat menimbulkan efek beracun pada organisme laut. Partikel-partikel kecil ini dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti peradangan, gangguan pencernaan, dan penurunan kemampuan bertahan hidup pada hewan-hewan laut yang mengonsumsinya. Efek ini tidak hanya membahayakan individu tetapi juga dapat mengganggu kesehatan populasi dan spesies. Selain itu, mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh hewan laut dapat berpindah ke predator yang lebih besar dan akhirnya ke manusia melalui konsumsi makanan laut.

Perubahan ekosistem akibat mikroplastik tidak hanya mempengaruhi kesehatan individu organisme, tetapi juga mengganggu fungsi ekosistem yang lebih besar. Penurunan jumlah plankton yang sehat dapat mengurangi produktivitas primer laut, mempengaruhi siklus nutrisi, dan mengganggu keseimbangan ekosistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi produksi plastik dan meningkatkan manajemen sampah sangat penting untuk melindungi ekosistem laut dan kesehatan laut secara keseluruhan.

2. Dampak terhadap Kesehatan Manusia

a. Kontaminasi Makanan Laut

Mikroplastik yang terdegradasi dari sampah plastik besar dapat memasuki rantai makanan laut dan akhirnya mencapai konsumen manusia. Barboza et al. (2020) menunjukkan bahwa mikroplastik telah ditemukan dalam berbagai produk makanan laut, termasuk kerang, ikan, dan garam laut. Mikroplastik ini dapat memasuki tubuh hewan laut melalui konsumsi makanan atau langsung dari lingkungan yang terkontaminasi. Setelah masuk ke dalam tubuh hewan, mikroplastik dapat terakumulasi di jaringan tubuh dan, dalam beberapa kasus, dapat mempengaruhi kesehatan hewan tersebut.

Bahan kimia beracun yang terikat pada mikroplastik, seperti pestisida, logam berat, dan polutan organik, dapat menjadi lebih berbahaya setelah mengendap dalam tubuh hewan laut. Ketika manusia mengonsumsi makanan laut yang

terkontaminasi mikroplastik, berisiko terpapar bahan kimia beracun ini. Paparan jangka panjang terhadap mikroplastik dan bahan kimia beracun dapat menyebabkan gangguan hormon, penyakit kronis, dan masalah kesehatan serius lainnya pada manusia. Masalah kesehatan ini termasuk potensi peningkatan risiko kanker, gangguan fungsi tiroid, dan masalah reproduksi.

Kontaminasi makanan laut dengan mikroplastik juga dapat berdampak pada ekonomi dan industri makanan laut. Permintaan konsumen untuk produk yang aman dan bersih mendorong kebutuhan untuk pemantauan dan pengelolaan yang lebih baik terhadap kontaminasi mikroplastik dalam rantai pasokan makanan laut. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi produksi plastik dan meningkatkan pengelolaan sampah laut sangat penting untuk melindungi kesehatan manusia dan menjaga keamanan makanan laut.

b. Kesehatan Pekerja Maritim

Pekerja di industri maritim, seperti perikanan, pelayaran, dan pariwisata, seringkali menghadapi risiko kesehatan yang signifikan akibat terpapar sampah laut. Dalam lingkungan kerja, sampah laut seperti jaring ikan yang terdampar, potongan plastik tajam, dan bahan kimia berbahaya dapat menyebabkan luka fisik. Paparan ini dapat mengakibatkan cedera yang memerlukan perawatan medis dan, dalam beberapa kasus, dapat mengakibatkan infeksi jika tidak ditangani dengan benar. Haward (2018) membahas bahwa pengelolaan sampah laut yang buruk dapat meningkatkan risiko cedera dan masalah kesehatan bagi pekerja di sektor-sektor ini.

Pekerja maritim juga berisiko terpapar bahan kimia berbahaya yang terikat pada sampah laut. Plastik dan bahan kimia beracun yang terakumulasi di laut dapat terlepas dan mencemari lingkungan kerja. Paparan terhadap bahan kimia ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti gangguan pernapasan, iritasi kulit, dan efek jangka panjang pada kesehatan sistemik. Perlunya perlindungan dan pelatihan yang memadai untuk pekerja maritim dalam menghadapi risiko ini sangat penting untuk menjaga kesehatan.

c. Dampak Psikologis dan Sosial

Kehadiran sampah laut di pantai dan lingkungan pesisir memiliki dampak psikologis dan sosial yang signifikan bagi masyarakat setempat. Sampah yang menumpuk di pesisir dapat merusak pemandangan alam, menciptakan suasana yang tidak menyenangkan dan mengurangi kualitas hidup penduduk. Penelitian menunjukkan bahwa pemandangan sampah yang mencolok sering kali menyebabkan rasa malu dan ketidaknyamanan bagi komunitas lokal yang bergantung pada pantai sebagai sumber pendapatan atau tempat rekreasi.

Dampak psikologis juga melibatkan stres dan kecemasan, baik pada penduduk lokal maupun pengunjung. Pemandangan sampah yang terus-menerus dapat menimbulkan perasaan tidak berdaya dan frustrasi karena tampaknya tidak ada solusi yang efektif untuk mengatasi masalah ini. Paparan berkepanjangan terhadap lingkungan yang tercemar dapat meningkatkan tingkat stres dan gangguan kesehatan mental di kalangan penduduk pesisir.

Dampak sosial dari sampah laut juga mencakup penurunan nilai sosial dan ekonomi kawasan pesisir. Kawasan yang dulunya populer untuk rekreasi dan pariwisata dapat kehilangan daya tariknya akibat pencemaran, berdampak pada pendapatan masyarakat dan mengurangi kualitas interaksi sosial di komunitas tersebut. Kesadaran dan tindakan bersama diperlukan untuk mengatasi dampak psikologis dan sosial ini, termasuk upaya pembersihan dan pendidikan masyarakat untuk meningkatkan kondisi lingkungan serta kualitas hidup penduduk pesisir.



BAB II

TUJUAN DAN MANFAAT BUKU

Buku ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang masalah sampah laut, tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi dan menguraikan berbagai aspek dari isu tersebut secara komprehensif. Tujuan penulisan buku ini adalah untuk menyajikan data terkini, teori terbaru, dan praktik terbaik dalam pengelolaan sampah laut. Dengan informasi yang disajikan secara sistematis dan terperinci, buku ini bertujuan untuk mendukung pengembangan kebijakan yang lebih efektif dan merangsang penelitian ilmiah yang lebih mendalam mengenai dampak dan solusi terkait sampah laut.

Buku ini menawarkan manfaat signifikan bagi berbagai audiens. Bagi pembaca umum, buku ini berfungsi sebagai alat edukasi yang meningkatkan kesadaran tentang dampak sampah laut pada lingkungan dan kesehatan manusia. Informasi yang disajikan dengan cara yang mudah dipahami akan membantu individu memahami kontribusinya dalam mengurangi sampah laut dan berpartisipasi dalam upaya pelestarian lingkungan. Sementara itu, bagi pembuat kebijakan, buku ini menyediakan dasar yang kuat untuk merumuskan kebijakan yang berbasis bukti dan strategi mitigasi yang lebih efektif.

A. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan buku tentang sampah laut adalah untuk menyediakan wawasan yang komprehensif dan ilmiah mengenai masalah yang mendalam ini. Buku ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman publik, pembuat kebijakan, dan komunitas ilmiah. Dengan memperkuat pengetahuan dan kesadaran akan dampak sampah laut, diharapkan buku ini dapat mendorong tindakan nyata untuk mengatasi dan mengurangi masalah tersebut.

1. Menyediakan Informasi Ilmiah yang Akurat dan Komprehensif

Buku ini bertujuan untuk menyediakan informasi ilmiah yang akurat dan komprehensif mengenai sampah laut, dengan fokus pada berbagai aspek penting yang memengaruhi ekosistem laut dan kehidupan manusia. Salah satu tujuan utamanya adalah mendefinisikan dan menjelaskan ruang lingkup sampah laut secara menyeluruh, mencakup berbagai jenis material yang terlibat, sumber-sumber utama sampah, serta jalur distribusinya di lautan. Melalui penelitian yang mendalam dan penyajian data terbaru, buku ini akan memberikan gambaran faktual tentang dampak sampah laut terhadap lingkungan laut dan kehidupan manusia, termasuk bagaimana berbagai material sampah berinteraksi dengan ekosistem laut.

2. Meningkatkan Kesadaran Publik dan Pendidikan

Salah satu tujuan utama buku ini adalah untuk meningkatkan kesadaran publik mengenai bahaya sampah laut dan pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Dengan menyediakan informasi yang mudah diakses dan dipahami, buku ini bertujuan untuk mengedukasi masyarakat tentang dampak sampah laut terhadap lingkungan laut dan kesehatan manusia. Informasi ini mencakup bagaimana sampah laut mempengaruhi ekosistem dan spesies laut, serta dampaknya terhadap kesehatan manusia dan ekonomi. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang masalah ini, diharapkan masyarakat akan lebih termotivasi untuk mengambil tindakan preventif dan berpartisipasi dalam upaya pengelolaan sampah yang efektif (Hartley et al., 2018).

3. Memberikan Dasar untuk Pengambilan Kebijakan dan Regulasi

Buku ini bertujuan untuk memberikan dasar yang solid bagi pengambilan kebijakan dan regulasi terkait pengelolaan sampah laut. Dengan menyajikan data yang terperinci dan analisis yang komprehensif, buku ini diharapkan menjadi referensi penting bagi pembuat kebijakan dan regulator dalam merancang kebijakan yang lebih efektif untuk mengatasi masalah sampah laut. Fokus utama dari kebijakan tersebut adalah mengurangi produksi dan pembuangan sampah plastik, yang merupakan salah satu penyebab utama pencemaran laut. Buku ini akan mengidentifikasi kebijakan yang telah terbukti efektif

dalam berbagai konteks dan menyarankan langkah-langkah yang dapat diambil untuk memitigasi dampak negatif sampah plastik.

4. Mendorong Penelitian Lanjutan dan Inovasi

Buku ini bertujuan untuk mendorong penelitian lanjutan dan inovasi dalam bidang pengelolaan sampah laut dengan membahas celah pengetahuan dan tantangan yang masih ada. Dengan mengidentifikasi area yang kurang diteliti dan memberikan panduan tentang masalah-masalah kritis yang memerlukan perhatian lebih, buku ini diharapkan dapat memotivasi ilmuwan dan peneliti untuk membahas solusi baru. Misalnya, tantangan dalam mendeteksi, memantau, dan menghapus sampah laut dari lingkungan memerlukan pendekatan inovatif dan teknik canggih, yang dapat didorong melalui penelitian yang lebih mendalam (Kershaw et al., 2019).

B. Manfaat bagi Pembaca dan Peneliti

Buku tentang sampah laut menawarkan berbagai manfaat signifikan bagi pembaca dan peneliti. Dengan menyajikan informasi yang komprehensif dan terbaru mengenai masalah sampah laut, buku ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman, memotivasi tindakan, dan mendukung penelitian lebih lanjut. Manfaat ini mencakup aspek pendidikan, pengembangan kebijakan, penelitian ilmiah, dan kesadaran publik.

1. Peningkatan Kesadaran dan Pengetahuan

Buku ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan pengetahuan pembaca mengenai isu sampah laut, yang sering kali dianggap sepele padahal dampaknya sangat besar dan luas. Dengan menyajikan informasi secara jelas dan mudah dipahami, buku ini akan membantu pembaca memahami secara mendalam tentang sumber-sumber sampah laut, berbagai jenis sampah yang mencemari lautan, serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Hartley et al., 2018). Melalui pemahaman yang lebih baik, pembaca diharapkan dapat mengubah pandangannya tentang sampah laut dan mengenali pentingnya masalah ini dalam konteks yang lebih luas.

2. Pemahaman tentang Tindakan Pribadi dan Komunitas

Buku ini menyediakan panduan praktis yang dirancang untuk membantu individu dan komunitas berkontribusi dalam mengurangi sampah laut. Penjelasan mengenai langkah-langkah sederhana yang dapat diambil di rumah, seperti mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan memilih alternatif yang lebih ramah lingkungan, menjadi salah satu fokus utama. Buku ini menguraikan bagaimana perubahan kecil dalam kebiasaan sehari-hari, seperti membawa tas belanja sendiri dan menghindari produk berbasis plastik, dapat memiliki dampak besar dalam mengurangi jumlah sampah yang masuk ke lautan.

3. Inspirasi untuk Aksi Sosial dan Lingkungan

Buku ini bertujuan untuk menginspirasi pembaca dalam mengambil tindakan sosial dan lingkungan yang efektif melalui penyajian studi kasus dan contoh sukses. Dengan menampilkan inisiatif lokal dan global yang berhasil dalam mengatasi masalah sampah laut, buku ini memberikan pembaca wawasan tentang bagaimana berbagai proyek dapat berhasil mengurangi dampak pencemaran laut. Studi kasus dari berbagai belahan dunia menunjukkan bagaimana kelompok komunitas, organisasi non-pemerintah, dan bahkan individu dapat membuat perbedaan signifikan dengan inisiatif sendiri (Vince & Hardesty, 2017).

4. Sumber Referensi Ilmiah

Buku ini dirancang untuk menjadi sumber referensi ilmiah yang berharga bagi peneliti dan akademisi yang tertarik dalam studi tentang sampah laut. Dengan menyajikan data terbaru dan hasil penelitian terkini, buku ini menyediakan informasi yang komprehensif dan terstruktur tentang berbagai aspek sampah laut, mulai dari sumber dan distribusi hingga dampak ekologis dan ekonomi. Referensi ini mencakup studi-studi terbaru yang menawarkan wawasan mendalam dan analisis yang relevan, memudahkan peneliti untuk memahami perkembangan terbaru dalam bidang ini.

5. Panduan Metodologi dan Teknologi

Buku ini berfungsi sebagai panduan metodologi dan teknologi terkini dalam penelitian sampah laut, memberikan peneliti akses kepada metode dan alat terbaru untuk studinya. Dengan memasukkan teknologi

canggih seperti remote sensing dan model oceanographic, buku ini menawarkan cara-cara baru untuk melacak dan menganalisis distribusi sampah laut di berbagai lingkungan. Teknologi remote sensing memungkinkan pemantauan luas area permukaan laut dari jarak jauh, sedangkan model oceanographic membantu dalam memahami pergerakan sampah laut berdasarkan arus dan kondisi laut, sehingga memberikan data yang lebih akurat tentang pola distribusi sampah (Kershaw et al., 2019).

C. Relevansi dan Kontribusi Terhadap Ilmu Pengetahuan

Relevansi dan kontribusi buku tentang sampah laut terhadap ilmu pengetahuan sangat signifikan, mengingat skala dan dampak luas dari masalah ini. Buku ini berfungsi sebagai sumber informasi komprehensif yang dapat memperdalam pemahaman tentang berbagai aspek sampah laut, mulai dari sumber dan distribusi hingga dampaknya terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Kontribusi ini mencakup penyediaan data terkini, pengembangan teori, dan dukungan terhadap penelitian lanjutan.

1. Penyediaan Data Terkini dan Analisis

Buku ini menyediakan data terkini dan analisis mendalam mengenai sampah laut, sebuah kontribusi yang sangat berharga bagi komunitas ilmiah. Dengan mengumpulkan statistik terbaru tentang jenis, volume, dan distribusi sampah laut, buku ini memberikan gambaran yang komprehensif tentang sejauh mana masalah ini mempengaruhi lingkungan laut. Data tersebut mencakup informasi rinci mengenai kategori sampah seperti plastik, logam, kaca, dan bahan organik serta sumber utama dan lokasi akumulasi di berbagai belahan dunia (Jambeck et al., 2015). Penyajian data yang terstruktur ini sangat penting untuk memahami pola dan tren distribusi sampah laut serta untuk mengidentifikasi area yang paling terpengaruh.

Informasi yang disediakan juga melibatkan analisis temporal, yang menunjukkan bagaimana jumlah dan jenis sampah laut telah berubah dari waktu ke waktu. Tren ini membantu dalam mengukur efektivitas kebijakan pengelolaan sampah dan intervensi lingkungan yang telah diterapkan. Dengan data ini, peneliti dapat memantau perubahan dalam akumulasi sampah dan menilai dampak dari langkah-

langkah mitigasi yang telah diambil. Ini memberikan wawasan yang sangat dibutuhkan untuk memahami dinamika masalah sampah laut serta untuk merancang strategi yang lebih baik dalam mengatasi polusi laut.

2. Pengembangan dan Validasi Teori

Buku ini berfungsi sebagai platform penting untuk pengembangan dan validasi teori dalam studi sampah laut. Dengan menyajikan temuan dari berbagai studi kasus dan penelitian terkini, buku ini memberikan data empiris yang mendukung atau menantang teori-teori yang ada tentang distribusi, dampak, dan mitigasi sampah laut. Misalnya, buku ini membahas teori mengenai bagaimana sampah laut menyebar melalui arus laut dan bagaimana mikroplastik mengakumulasi dalam rantai makanan laut, dengan menyajikan bukti-bukti yang relevan dan analisis yang mendalam. Penelitian yang terintegrasi dari berbagai lokasi geografis dan ekosistem laut memberikan perspektif yang lebih holistik dan dapat mengonfirmasi atau merevisi teori yang ada berdasarkan data terkini.

Dengan analisis dan sintesis hasil penelitian yang beragam, buku ini berkontribusi pada validasi teori-teori tersebut. Data terbaru dari studi kasus yang disajikan menguji teori-teori tentang jalur distribusi sampah laut, dampaknya terhadap ekosistem, serta efektivitas strategi mitigasi yang diterapkan. Misalnya, validasi teori yang menyatakan bahwa arus laut berperan signifikan dalam distribusi sampah dapat diperkuat atau dipertanyakan berdasarkan bukti empiris yang disajikan dalam buku ini. Dengan demikian, buku ini tidak hanya memperluas pemahaman tentang mekanisme penyebaran dan dampak sampah laut tetapi juga berfungsi sebagai alat untuk memperbaiki teori yang ada.

3. Identifikasi Celah Pengetahuan dan Arah Penelitian Masa Depan

Buku ini berfungsi sebagai alat yang sangat berharga dalam mengidentifikasi celah pengetahuan dan memberikan arahan untuk penelitian masa depan di bidang studi sampah laut. Dengan merangkum hasil-hasil penelitian yang ada dan mengevaluasi kekurangan yang ada dalam literatur, buku ini membahas area yang masih kurang diperhatikan dan membutuhkan penyelidikan lebih lanjut. Misalnya, dampak jangka panjang mikroplastik pada kesehatan manusia masih menjadi topik yang relatif baru dan memerlukan penelitian lebih mendalam. Buku ini

mengidentifikasi bahwa penelitian tentang bagaimana mikroplastik mempengaruhi kesehatan manusia secara kumulatif masih terbatas dan menyarankan bahwa ini adalah area penting untuk diselidiki lebih lanjut.

Buku ini membahas efek kumulatif dari polusi plastik terhadap ekosistem laut sebagai celah pengetahuan signifikan. Meskipun ada banyak penelitian tentang dampak individual dari plastik pada berbagai spesies, efek agregat dan jangka panjang pada keseluruhan ekosistem masih kurang dipahami. Dengan mengidentifikasi kekurangan dalam pemahaman tentang bagaimana polusi plastik dapat mempengaruhi struktur dan fungsi ekosistem laut secara keseluruhan, buku ini memberikan arahan yang jelas untuk penelitian yang lebih fokus dan menyeluruh di masa depan. Peneliti diharapkan dapat mengembangkan studi yang membahas interaksi kompleks antara sampah laut dan berbagai komponen ekosistem laut.

4. Menyebarluaskan Pengetahuan ke Publik dan Pihak Berkepentingan

Buku ini berperan penting sebagai jembatan antara komunitas ilmiah dan publik, serta berbagai pihak berkepentingan lainnya dalam isu sampah laut. Dengan menyajikan informasi yang kompleks dalam bahasa yang dapat dipahami oleh non-spesialis, buku ini tidak hanya meningkatkan kesadaran publik tetapi juga memotivasi individu dan komunitas untuk bertindak. Penjelasan yang jelas mengenai dampak sampah laut pada lingkungan dan kesehatan manusia membantu pembaca memahami pentingnya perannya dalam mengurangi sampah dan berpartisipasi dalam upaya konservasi.

Buku ini berfungsi sebagai sumber daya yang berharga bagi organisasi non-pemerintah, lembaga pendidikan, dan pengambil keputusan. Organisasi non-pemerintah dapat menggunakan buku ini untuk merancang kampanye pendidikan dan kesadaran, sementara lembaga pendidikan dapat memanfaatkan informasi dalam buku ini untuk menyusun kurikulum dan materi ajar yang relevan tentang masalah sampah laut. Pengambil keputusan dan pembuat kebijakan dapat menggunakan data dan analisis yang disajikan untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam mengatasi masalah sampah laut (McIlgorm et al., 2011).

5. Menginspirasi Penelitian Interdisipliner

Buku ini berperan penting dalam menginspirasi penelitian interdisipliner dengan menggabungkan temuan dari berbagai disiplin ilmu untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang masalah sampah laut. Dengan menyajikan hasil-hasil penelitian dari biologi laut, ekologi, kimia, dan ilmu lingkungan, buku ini menunjukkan bagaimana integrasi pengetahuan dari berbagai bidang dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang dampak dan solusi untuk sampah laut. Pendekatan ini menggarisbawahi pentingnya kolaborasi antara ilmuwan dari berbagai latar belakang untuk memahami dan mengatasi masalah kompleks yang melibatkan banyak aspek ekosistem laut dan interaksi manusia.

Penelitian interdisipliner sangat penting untuk menangani kompleksitas sampah laut, karena masalah ini tidak hanya melibatkan aspek biologis dan ekologis, tetapi juga dimensi kimia dan sosial. Dengan menggabungkan metode dan perspektif dari berbagai disiplin, buku ini memberikan landasan untuk pengembangan solusi yang lebih komprehensif. Misalnya, pemahaman tentang bagaimana mikroplastik berinteraksi dengan ekosistem laut memerlukan pengetahuan dari biologi laut dan kimia, sedangkan solusi untuk mengurangi sampah laut memerlukan pendekatan dari ilmu sosial dan kebijakan lingkungan (Spalding et al., 2017).



BAB III

METODOLOGI PENULISAN

Metodologi penulisan dalam buku ini bertujuan untuk menjelaskan secara rinci pendekatan dan metode yang digunakan dalam penelitian mengenai sampah laut. Metodologi ini meliputi pendekatan umum yang diadopsi, teknik pengumpulan data yang digunakan, serta strategi analisis dan validasi data. Dengan pendekatan yang sistematis dan terstruktur, buku ini berusaha memberikan pemahaman yang mendalam tentang berbagai aspek sampah laut serta solusi potensial untuk mengatasi masalah tersebut.

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mengintegrasikan metode kualitatif dan kuantitatif untuk memberikan perspektif yang komprehensif tentang masalah sampah laut. Pengumpulan data dilakukan melalui berbagai teknik, termasuk survei, wawancara mendalam, dan analisis data sekunder. Teknik ini dipilih untuk memastikan bahwa data yang diperoleh adalah representatif dan akurat, serta mencakup berbagai dimensi masalah sampah laut, mulai dari sumber dan distribusi hingga dampak lingkungan dan ekonomi.

A. Pendekatan dan Metode yang Digunakan

Pendekatan dan metode yang digunakan dirancang untuk memastikan penyajian informasi yang akurat, komprehensif, dan berbasis bukti mengenai sampah laut. Buku ini mengadopsi beberapa pendekatan untuk memberikan pandangan holistik tentang masalah sampah laut.

1. Pendekatan Multidisiplin

Pendekatan multidisiplin berperan krusial dalam memahami dan menangani masalah sampah laut, yang melibatkan berbagai dimensi dari lingkungan hingga kebijakan. Dengan mengintegrasikan berbagai

disiplin ilmu seperti ekologi laut, kimia lingkungan, ekonomi, dan ilmu sosial, pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih menyeluruh dan holistik mengenai dampak dan solusi untuk sampah laut (Lebreton et al., 2018). Pendekatan ini tidak hanya memfokuskan pada satu aspek masalah, tetapi menggabungkan pengetahuan dari berbagai bidang untuk menciptakan gambaran yang lebih kompleks dan akurat tentang isu yang dihadapi.

Buku ini memanfaatkan pendekatan multidisiplin untuk menguraikan berbagai aspek sampah laut, mulai dari dampaknya terhadap ekosistem laut hingga implikasi sosial dan ekonomi. Misalnya, perspektif ekologi laut memberikan wawasan tentang bagaimana sampah mempengaruhi kehidupan laut dan habitatnya, sementara ilmu kimia lingkungan membantu memahami bagaimana bahan kimia berbahaya dari sampah mempengaruhi kualitas air dan organisme laut. Di sisi lain, ekonomi dan ilmu sosial menjelaskan dampak ekonomi dari pencemaran sampah laut serta tantangan sosial dalam mengelola dan mengurangi sampah tersebut (Jambeck et al., 2015).

2. Pendekatan Partisipatif

Pendekatan partisipatif dalam penulisan buku ini melibatkan keterlibatan aktif berbagai pemangku kepentingan, termasuk organisasi lingkungan, lembaga pemerintah, dan komunitas lokal yang langsung terpengaruh oleh masalah sampah laut. Melalui konsultasi dan kolaborasi dengan berbagai pihak ini, buku ini tidak hanya mencakup pandangan dari para ahli tetapi juga perspektif dari yang memiliki pengalaman langsung dalam pengelolaan sampah laut. Keterlibatan ini memastikan bahwa buku ini mencerminkan beragam sudut pandang dan kebutuhan praktis, serta memperkaya diskusi tentang solusi dan rekomendasi yang diusulkan.

Pendekatan partisipatif juga berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengintegrasikan pengalaman lapangan yang berharga. Misalnya, umpan balik dari komunitas lokal yang berhadapan langsung dengan dampak sampah laut dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang tantangan dan keberhasilan pengelolaan di tingkat lokal. Keterlibatan organisasi lingkungan dan lembaga pemerintah membantu dalam memastikan bahwa buku ini mematuhi standar ilmiah dan kebijakan yang relevan, serta memperhitungkan kebijakan dan praktek terbaik yang telah terbukti efektif dalam konteks lokal dan global.

3. Validasi dan Verifikasi

Proses validasi dan verifikasi dalam penulisan buku ini dilakukan dengan cermat untuk memastikan akurasi dan keandalan informasi yang disajikan. Setiap data dan temuan yang diuraikan telah melalui tahapan *peer review*, di mana ahli di bidang sampah laut memberikan umpan balik kritis. Ulasan ini tidak hanya mengevaluasi keakuratan informasi tetapi juga memastikan bahwa metodologi penelitian yang digunakan valid dan sesuai dengan standar ilmiah yang berlaku (Hartley et al., 2018).

Proses validasi melibatkan pemeriksaan silang data dengan sumber informasi independen. Ini berarti bahwa data dan hasil yang disajikan dibandingkan dengan temuan dari studi lain yang relevan untuk memastikan konsistensi dan keakuratan. Konfirmasi dari berbagai sumber ini membantu mengidentifikasi dan memperbaiki potensi kesalahan atau ketidaktepatan, serta memastikan bahwa informasi yang disajikan dalam buku ini adalah hasil dari analisis yang menyeluruh dan terpercaya.

4. Penyajian dan Komunikasi

Penyajian dan komunikasi informasi dalam buku ini dirancang dengan perhatian khusus untuk memastikan kejelasan dan efektivitas. Buku ini menggunakan berbagai format visual, seperti grafik, tabel, dan ilustrasi, untuk memvisualisasikan data dan temuan secara intuitif. Penggunaan grafik memungkinkan pembaca untuk memahami tren dan pola dengan cepat, sedangkan tabel menyajikan data numerik dengan cara yang sistematis, dan ilustrasi membantu menjelaskan konsep yang kompleks secara lebih sederhana (Lebreton et al., 2018).

Struktur penyajian informasi juga dirancang untuk memudahkan pemahaman. Buku ini menyajikan data dan hasil penelitian dalam format yang terorganisir, dimulai dari pengantar yang menjelaskan konteks, diikuti oleh bab-bab yang membahas topik-topik spesifik dengan detail yang mendalam. Setiap bab diakhiri dengan ringkasan dan kesimpulan untuk menguatkan poin-poin utama dan memudahkan pembaca dalam menarik kesimpulan dari informasi yang telah disajikan.

B. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang efektif adalah langkah kunci dalam penelitian mengenai sampah laut. Teknik pengumpulan data yang digunakan bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat, komprehensif, dan terkini tentang masalah sampah laut. Berbagai teknik digunakan untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk studi literatur, data sekunder, wawancara, survei, dan observasi langsung. Setiap teknik memiliki kelebihan dan kekurangan yang mempengaruhi jenis data yang dikumpulkan dan cara data tersebut digunakan dalam analisis.

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah metode dasar yang krusial dalam pengumpulan data untuk penelitian tentang sampah laut. Metode ini melibatkan tinjauan mendalam terhadap publikasi akademik, laporan penelitian, dan sumber informasi lain yang relevan dengan topik yang diteliti. Tujuan utama dari studi literatur adalah untuk mengumpulkan dan memahami informasi yang telah ada, mengidentifikasi teori dan konteks yang relevan, serta mengungkap celah pengetahuan yang masih perlu dijelajahi. Dengan cara ini, penelitian dapat membangun dasar yang kuat dan memperjelas bagaimana studi baru dapat menyumbang pada pemahaman yang lebih baik tentang masalah sampah laut.

Proses studi literatur dimulai dengan identifikasi kata kunci dan istilah terkait yang berhubungan dengan topik penelitian. Kata kunci ini digunakan untuk mencari artikel dan publikasi di berbagai database akademik seperti Google Scholar, PubMed, dan Web of Science. Selanjutnya, literatur yang relevan dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, termasuk relevansi topik, kualitas metodologi, dan periode publikasi. Artikel yang terpilih kemudian dianalisis secara mendalam untuk menilai temuan utama, metode yang digunakan, dan kesimpulan yang diperoleh. Hasil analisis ini disintesis untuk memberikan panduan yang solid bagi bagian-bagian berikutnya dalam buku.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder adalah metode yang penting dalam penelitian mengenai sampah laut, karena melibatkan penggunaan data

yang sudah dikumpulkan dan dipublikasikan oleh sumber-sumber terpercaya seperti lembaga pemerintah, organisasi internasional, dan lembaga penelitian. Data sekunder ini sering berupa statistik global, laporan kebijakan, dan informasi tentang program-program pengelolaan sampah laut yang sudah ada. Dengan memanfaatkan data yang telah dikumpulkan, penelitian dapat memperoleh wawasan luas tanpa perlu melakukan pengumpulan data baru secara langsung. Ini menghemat waktu dan sumber daya, serta memungkinkan peneliti untuk fokus pada analisis dan interpretasi data yang ada.

Proses pengumpulan data sekunder melibatkan pencarian laporan, database, dan publikasi dari berbagai organisasi seperti *United Nations Environment Programme* (UNEP), *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), dan *European Environment Agency* (EEA) (Lau et al., 2020). Peneliti akan menilai kualitas dan relevansi data yang diperoleh dari sumber-sumber ini untuk memastikan bahwa informasi tersebut sesuai dengan tujuan penelitian. Data sekunder memberikan konteks tambahan yang berharga dan memungkinkan peneliti untuk membandingkan hasil dengan studi lain yang relevan. Ini juga memudahkan pengumpulan data dengan cakupan yang luas dan representatif, yang mungkin sulit didapatkan melalui penelitian lapangan langsung.

3. Wawancara

Wawancara merupakan metode pengumpulan data kualitatif yang sangat efektif dalam menggali informasi mendalam mengenai sampah laut. Metode ini melibatkan percakapan langsung dengan individu atau kelompok yang memiliki pengalaman, pengetahuan, atau kepentingan dalam topik tersebut. Tujuan utama dari wawancara adalah untuk mendapatkan wawasan praktis dan perspektif dari berbagai pihak, seperti para ahli, pembuat kebijakan, dan praktisi yang terlibat dalam pengelolaan sampah laut. Dengan melakukan wawancara, peneliti dapat memperoleh informasi yang kaya dan detail yang mungkin tidak tersedia melalui metode lain.

Pada proses wawancara, peneliti dapat menggunakan berbagai jenis pertanyaan, terstruktur, semi-terstruktur, atau tidak terstruktur sesuai dengan tujuan dan fokus penelitian. Pertanyaan dirancang untuk menggali berbagai aspek terkait pengalaman, tantangan, dan strategi yang diterapkan dalam mengelola sampah laut. Metode ini dapat

dilakukan secara tatap muka, melalui telepon, atau melalui platform video conference, memberikan fleksibilitas dalam cara data dikumpulkan. Data yang diperoleh dari wawancara kemudian dicatat dan dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema kunci, pola, dan tren yang relevan dengan topik penelitian.

4. Survei

Survei adalah metode pengumpulan data kuantitatif yang efektif untuk memperoleh informasi yang luas dan representatif tentang sikap, perilaku, dan pengetahuan masyarakat terkait sampah laut. Metode ini melibatkan penyebaran kuesioner kepada responden yang dirancang untuk menangkap pandangan dan informasi dari populasi yang lebih besar. Dengan menggunakan survei, peneliti dapat mengumpulkan data yang memungkinkan analisis pola dan tren secara statistik, memberikan gambaran yang jelas tentang persepsi publik terhadap masalah sampah laut.

Kuesioner dalam survei sering mencakup berbagai jenis pertanyaan, termasuk pilihan ganda, skala Likert, dan pertanyaan terbuka. Pertanyaan-pertanyaan ini dirancang untuk membahas berbagai aspek, seperti sikap terhadap penggunaan plastik, perilaku daur ulang, dan pengetahuan tentang dampak sampah laut. Survei dapat disebarluaskan melalui berbagai saluran, seperti email, platform survei online, dan distribusi langsung di tempat-tempat umum. Dengan pendekatan ini, data yang diperoleh mencerminkan pandangan dari sampel yang representatif, yang memungkinkan peneliti untuk menarik kesimpulan tentang populasi yang lebih besar.

5. Observasi Langsung

Observasi langsung adalah metode penting dalam penelitian sampah laut yang melibatkan pengamatan langsung terhadap fenomena sampah di lapangan. Tujuan dari observasi ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai distribusi sampah laut, dampaknya terhadap lingkungan, serta interaksi antara sampah dan ekosistem laut. Dengan melakukan observasi di lokasi-lokasi yang terdampak, seperti pantai, pelabuhan, dan area perairan, peneliti dapat mengumpulkan data yang konkret dan visual yang memperlihatkan kondisi nyata dari masalah sampah laut.

Proses observasi dilakukan dengan metode pencatatan visual, foto, dan video, serta pengukuran langsung dari jumlah dan jenis sampah yang ditemukan. Observasi ini memungkinkan peneliti untuk mendokumentasikan secara rinci kondisi saat ini dan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Dengan memanfaatkan alat seperti kamera dan perangkat perekam, peneliti dapat menciptakan arsip visual yang berharga yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dan untuk mendukung temuan dari metode penelitian lainnya.

6. Analisis Dokumen

Analisis dokumen adalah metode penting dalam penelitian mengenai sampah laut yang melibatkan penilaian mendalam terhadap dokumen dan laporan terkait kebijakan, regulasi, dan strategi pengelolaan sampah. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan dan strategi yang ada dalam menangani masalah sampah laut. Dengan menganalisis dokumen seperti kebijakan pemerintah, laporan tahunan dari organisasi lingkungan, dan panduan pengelolaan sampah laut, peneliti dapat mengidentifikasi praktik terbaik, tantangan yang dihadapi, dan hasil yang telah dicapai dalam pengelolaan sampah.

Proses analisis dokumen dilakukan dengan cara membaca dan menilai konten dokumen untuk mengevaluasi implementasi dan hasil yang dicapai. Peneliti mengkaji kebijakan dan laporan untuk memahami bagaimana kebijakan diterapkan, sejauh mana berhasil dalam mengatasi masalah sampah laut, serta dampak yang ditimbulkan. Analisis ini memberikan wawasan tentang kesesuaian kebijakan yang diterapkan dengan masalah yang dihadapi dan dapat membantu dalam merumuskan rekomendasi untuk perbaikan kebijakan di masa depan.

7. Contoh Pengambilan dan Analisis Data

Berikut contoh prosedur pengambilan dan analisis data *marine debris* (sitasi):

a. Prosedur Kerja

1) Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan digunakan dalam pengambilan data yaitu:

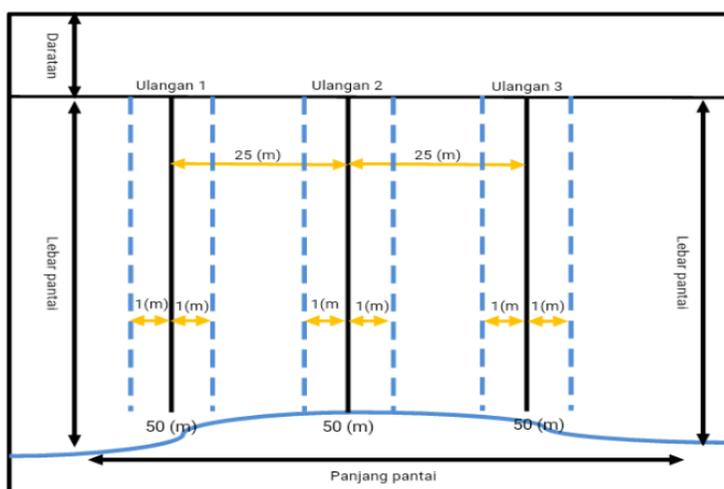
Tabel 1. Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	GPS (Global Positional System)	Mengetahui posisi setiap stasiun
2	Roll Meter	Untuk menarik garis transek
3	Tali Rafia	Menentukan batas pengambilan sampel
4	Patok	Penanda titik pengambilan data
5	Saringan	Menyaring sampah
6	Waring	Menyaring sampel dengan substrat
7	Frame 50x50 m	Batas pengambilan data
8	Sarung Tangan	Melindungi tangan
9	Buotis	Melindungi kaki
10	Penggaris	Mengukur panjang sampel
11	Timbangan	Mengukur berat sampel
12	Alat Tulis	Menulis data yang didapatkan
13	Karung	Tempat sampel yang berukuran besar
14	Kantong Sampel	Tempat sampel yang berukuran sedang dan kecil
15	Label	Menandai sampel
16	Kamera	Pengambilan dokumentasi

2) Pengambilan Data

Pengambilan data sampah laut (*marine debris*) dilakukan dengan metode transek garis (*line transec*) dan metode Shoreline survey methodology berdasarkan *Nation Oceanic and Atmospheri Administration* (NOAA, 2013) untuk mengetahui jenis, jumlah, massa dan kepadatan sampah. Sampah laut ditelaah adalah yang tergolong sampah makro debris 2.5 cm – 1 m dan meso debris dengan ukuran 5 mm – 2.5 cm. Waktu pengambilan data dilakukan pada saat air laut pasang, surut dan substrat. Prosedur yang diterapkan dalam penentuan lokasi/titik sampling dalam praktik ini yaitu dengan menggunakan metode desain sampling acak. Penerapan metode tersebut dilakukan dengan dasar agar setiap sampah mempunyai peluang atau kesempatan yang sama untuk dijadikan sampel.

- **Pengambilan Data Sampah Pasang**
 Pengambilan data sampel sampah pasang dilakukan pada saat air laut pasang, metode yang digunakan yaitu metode transek garis (Line transek) yaitu pertama menentukan titik dengan menggunakan GPS, setelah itu menarik garis transek sepanjang 50 meter, setelah itu menarik meteran ke arah kiri dan kanan garis transek masing – masing sepanjang 1 meter, selanjutnya ujung sisi kiri dan kanan garis transek diberi tanda garis dengan menggunakan tali rafia sejajar dengan tali transek, setelah memberi garis pembatas gunakan saringan untuk menyaring sampel sampah, sampel yang masuk ke saringan kemudian dimasukkan kedalam kantong sampel kemudian diidentifikasi jenisnya setelah itu diukur, dan dihitung jumlahnya kemudian ditimbang.

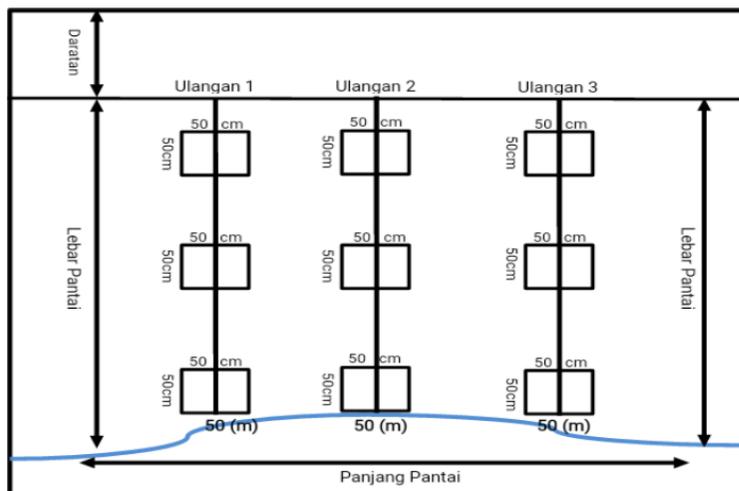


Gambar 2. Metode *Line transek*
 Sumber: (Ningsih et al., 2020).

- **Pengambilan Data Sampah Surut**
 Pengambilan data ini dilakukan pada saat air laut surut, metode yang digunakan yaitu Line transek perbedaan sampah pasang dengan sampah surut yaitu sampah pasang sampel diambil berasal dari badan air

sedangkan sampah surut diambil diatas permukaan pesisir.

- Pengambilan Data Sampah Pada Substrak
Pengambilan data sampah yang ada di substrat dilakukan pada saat air laut surut, metode yang digunakan yaitu Shoreline survey methodologi.



Gambar 3. Metode *Shoreline survey methodologi*

Sumber: (Ningsih et al., 2020).

Hal pertama yang dilakukan adalah menarik transek sepanjang 50 m, setelah itu menyimpan frame ukuran 50 x 50 cm di meteran 10, 30 dan 50 selanjutnya substrat yang masuk pada frame kemudian digali kemudian disaring, sampel sampah yang tinggal di saringan kemudian di simpan di kantong untuk sebagai sampel sampah yang akan diidentifikasi, kemudian diukur dan dihitung jumlah dan massanya.

b. Analisis Data

Data sampah diambil dari sampah yang telah diamati seperti jumlah potongan dan berat sampah untuk melihat kepadatan sampah.

1) Identifikasi sampah laut ukuran makro dan meso debris

Sampah laut yang ditemukan di setiap stasiun terlebih dahulu dibersihkan lalu dikeringkan kemudian ditelaah yang tergolong sampah makro dengan ukuran >2.5 cm – 1 m dan meso dengan ukuran >5 mm – 2.5 cm. Pengamatan

sampah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis sampah setelah mengetahui jenisnya dilanjutkan dengan pengelompokan sampah kedalam kategori berupa plastik, karet, logam, kaca dan other.

2) Jumlah dan Massa sampah laut

Setelah semua sampah dikumpulkan berdasarkan jenisnya kemudian dilanjutkan dengan menghitung perjenis untuk mendapatkan jumlah setiap kategori. Setelah itu sampah yang telah dikelompokkan perjenis kemudian ditimbang untuk mendapatkan massanya.

3) Kepadatan Jumlah dan Massa sampah laut

Data sampah diambil dari sampah yang telah diamati seperti jumlah potongan dan berat sampah untuk melihat kepadatan sampah.

- Kepadatan (Jumlah Potongan Sampah)

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{jumlah potongan sampah dalam tiap kategori (item)}}{\text{luas area (m}^2\text{)}}$$

Cara mendapatkan nilai kepadatan berat atau massa sampah yaitu jumlah peritem sampah yang sudah dihitung kemudian ditimbang. Setelah itu nilai timbangan dibagi luas area pengamatan.

- Kepadatan (Berat Sampah)

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{berat sampah dalam tiap kategori (gr)}}{\text{luas area (m}^2\text{)}}$$

Cara mendapatkan nilai kepadatan berat atau massa sampah yaitu jumlah peritem sampah yang sudah dihitung kemudian ditimbang. Setelah itu nilai timbangan dibagi luas area pengamatan.

C. Analisis Data dan Validasi

Analisis data dan validasi merupakan tahap kritis dalam proses penelitian yang memastikan bahwa temuan yang diperoleh dari data adalah akurat, dapat dipercaya, dan relevan. Dalam konteks ini, yang

fokus pada masalah sampah laut, analisis data dan validasi melibatkan pengolahan data yang diperoleh dari berbagai teknik pengumpulan data serta penjaminan kualitas dan akurasi informasi.

1. Proses Analisis Data

a. Pengolahan Data Kualitatif

Data kualitatif diperoleh dari wawancara, observasi, dan studi kasus. Proses analisis data kualitatif melibatkan beberapa langkah berikut:

1) Transkripsi

Transkripsi adalah langkah krusial dalam proses pengumpulan data kualitatif yang melibatkan wawancara dan diskusi kelompok fokus. Proses ini melibatkan konversi rekaman audio atau video dari percakapan menjadi teks tertulis, yang memungkinkan analisis mendalam terhadap informasi yang diperoleh (Guest et al., 2012). Penting untuk memastikan bahwa transkripsi dilakukan dengan akurat, mencerminkan percakapan sebagaimana adanya, termasuk nuansa verbal seperti penekanan, intonasi, dan jeda yang mungkin memberikan konteks tambahan tentang makna percakapan.

Akurasi dalam transkripsi sangat penting untuk menjaga integritas data. Transkripsi yang baik tidak hanya mencatat kata-kata yang diucapkan tetapi juga menangkap elemen-elemen non-verbal yang dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai sikap dan emosi peserta. Kesalahan dalam transkripsi dapat mengubah makna dari pernyataan atau menghilangkan konteks penting, yang berpotensi memengaruhi hasil analisis. Oleh karena itu, proses transkripsi harus dilakukan dengan cermat dan sering kali melibatkan pemutaran ulang rekaman untuk memastikan ketepatan teks.

Setelah transkripsi selesai, teks yang dihasilkan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut. Peneliti dapat menggunakan teks transkripsi untuk mengidentifikasi tema-tema kunci, pola, dan wawasan yang muncul dari percakapan. Dengan transkripsi yang akurat, peneliti dapat melakukan analisis tematik, mencari hubungan antara

tanggapan, dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai topik yang dibahas. Proses ini merupakan bagian integral dari metodologi penelitian kualitatif yang memungkinkan interpretasi data yang lebih komprehensif dan terpercaya.

2) Pengkodean

Pengkodean adalah proses penting dalam analisis data kualitatif yang melibatkan identifikasi dan penandaan tema, pola, dan kategori dari data teks hasil transkripsi. Proses ini bertujuan untuk mengorganisasi informasi sehingga memudahkan analisis mendalam. Pengkodean dapat dilakukan secara manual dengan membaca dan menandai teks atau menggunakan perangkat lunak analisis kualitatif seperti NVivo atau ATLAS.ti yang menyediakan alat untuk mengelompokkan dan menganalisis data secara lebih efisien (Saldana, 2021).

Pada pengkodean manual, peneliti membaca teks secara menyeluruh dan menandai bagian-bagian yang relevan dengan kategori atau tema yang telah ditentukan sebelumnya atau yang muncul selama proses membaca. Ini sering melibatkan pencatatan catatan di tepi teks atau penggunaan sistem penandaan warna untuk membedakan berbagai tema. Proses ini memerlukan ketelitian dan pemahaman mendalam tentang data untuk memastikan bahwa setiap kategori mencerminkan informasi yang terkandung dalam teks.

Perangkat lunak analisis kualitatif seperti NVivo atau ATLAS.ti menawarkan fitur yang mempermudah proses pengkodean dengan menyediakan alat untuk menandai, mengelompokkan, dan menganalisis data teks secara sistematis. Perangkat lunak ini memungkinkan peneliti untuk mengelola volume data yang besar dan melakukan analisis lebih lanjut dengan fitur-fitur seperti pencarian teks, visualisasi data, dan pembuatan laporan. Pengkodean menggunakan perangkat lunak ini membantu dalam memastikan konsistensi dan efisiensi dalam proses analisis, serta mempermudah pengidentifikasian pola dan hubungan antara tema.

3) Analisis Tematik

Analisis tematik adalah langkah penting dalam analisis data kualitatif yang dilakukan setelah tahap pengkodean. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan membahas tema dan pola yang muncul dari data yang telah dikodekan. Langkah pertama dalam analisis tematik adalah meninjau kategori-kategori yang telah diidentifikasi selama pengkodean untuk mengelompokkan data ke dalam tema utama dan sub-tema. Ini melibatkan pengorganisasian data ke dalam kategori yang relevan yang mencerminkan inti dari informasi yang diperoleh dari wawancara atau diskusi kelompok fokus (Braun & Clarke, 2006).

Setelah tema utama dan sub-tema diidentifikasi, peneliti kemudian menilai makna dan konteks di balik setiap tema. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap bagaimana tema-tema tersebut berhubungan satu sama lain dan bagaimana memberikan wawasan tentang pertanyaan penelitian. Peneliti mengevaluasi pola-pola yang muncul, menghubungkan tema dengan teori yang ada, dan mempertimbangkan bagaimana tema tersebut menjelaskan fenomena yang diamati dalam konteks yang lebih luas.

Analisis tematik juga mencakup penafsiran bagaimana tema-tema tersebut menggambarkan pengalaman dan perspektif responden. Ini membantu dalam memahami makna yang lebih dalam dari data, serta bagaimana berbagai faktor mungkin mempengaruhi pandangan dan perilaku yang dilaporkan. Dengan demikian, analisis tematik tidak hanya memfasilitasi pemahaman tentang apa yang dikatakan responden tetapi juga mengungkap bagaimana dan mengapa mengungkapkan pandangan dan pengalaman dengan cara tertentu.

4) Penafsiran dan Penyajian

Setelah analisis tematik selesai, langkah selanjutnya adalah penafsiran dan penyajian hasil. Penafsiran temuan melibatkan pengembangan wawasan dan kesimpulan yang relevan dengan tujuan penelitian. Peneliti berusaha untuk mengaitkan tema-tema yang diidentifikasi dengan konteks

penelitian yang lebih luas dan teori-teori yang relevan. Ini termasuk mengevaluasi bagaimana tema-tema tersebut menjelaskan fenomena yang diteliti, serta mempertimbangkan implikasi dari temuan untuk pemahaman lebih lanjut tentang isu yang diangkat (Fereday & Muir-Cochrane, 2006).

Penyajian hasil dilakukan dalam bentuk naratif yang menggabungkan penjelasan tentang tema-tema utama dan sub-tema, serta memberikan konteks untuk setiap temuan. Peneliti menyusun hasil analisis kualitatif dalam format yang memudahkan pembaca untuk memahami makna dan signifikansi dari data. Ini termasuk mengorganisir temuan dalam struktur yang jelas dan logis, serta menghubungkan temuan dengan pertanyaan penelitian dan tujuan studi.

Untuk memberikan kejelasan dan dukungan terhadap interpretasi, hasil analisis disertai dengan kutipan langsung dari data. Kutipan ini berfungsi untuk menunjukkan bagaimana tema-tema dan pola yang diidentifikasi berasal dari suara dan pengalaman responden. Penyajian kutipan langsung membantu dalam menguatkan keabsahan temuan, serta memungkinkan pembaca untuk melihat contoh konkret dari data yang mendasari analisis tematik. Dengan cara ini, peneliti dapat menyampaikan hasil secara transparan dan mendalam, serta memberikan wawasan yang lebih kaya tentang data yang telah dianalisis.

b. Pengolahan Data Kuantitatif

Data kuantitatif diperoleh dari survei, data sekunder, dan observasi. Proses analisis data kuantitatif melibatkan langkah-langkah berikut:

1) Pembersihan Data

Pembersihan data adalah langkah awal yang krusial dalam analisis data kuantitatif untuk memastikan kualitas dan keandalan hasil yang diperoleh. Proses ini melibatkan identifikasi dan penghapusan kesalahan, duplikasi, serta nilai yang tidak konsisten dari dataset. Kesalahan dapat mencakup entri yang salah ketik, data yang hilang, atau informasi yang tidak sesuai dengan format yang diharapkan. Menghapus duplikasi penting untuk mencegah

pengaruh berlebihan dari data yang sama, yang dapat mengaburkan hasil analisis. Dengan melakukan pembersihan data, peneliti dapat memastikan bahwa analisis yang dilakukan didasarkan pada dataset yang bersih dan bebas dari gangguan yang dapat merusak validitas temuan (Field, 2013).

Langkah pembersihan data melibatkan beberapa teknik, termasuk pemeriksaan manual dan penggunaan perangkat lunak statistik untuk mendeteksi dan memperbaiki masalah. Misalnya, analisis deskriptif dapat digunakan untuk mengidentifikasi nilai-nilai yang tidak konsisten atau ekstrem yang mungkin memerlukan perhatian khusus. Selain itu, perangkat lunak statistik sering kali menyediakan alat untuk mengeliminasi duplikasi dan memperbaiki kesalahan format, yang membantu dalam mengotomatisasi proses pembersihan dan mengurangi potensi kesalahan manusia.

Hasil dari proses pembersihan data adalah dataset yang terstandardisasi dan siap untuk analisis lebih lanjut. Data yang bersih dan terstruktur dengan baik memastikan bahwa analisis statistik yang dilakukan memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Dengan data yang sudah dibersihkan, peneliti dapat lebih percaya diri dalam menarik kesimpulan dan membuat keputusan berbasis data yang mendalam, yang pada akhirnya mendukung kualitas dan kredibilitas penelitian.

2) Deskripsi Statistik

Deskripsi statistik adalah langkah penting dalam analisis data kuantitatif yang memberikan gambaran awal tentang karakteristik dan pola dasar dari dataset. Statistik deskriptif mencakup beberapa ukuran yang membantu merangkum dan menggambarkan data dengan cara yang mudah dipahami. Misalnya, frekuensi menggambarkan jumlah kemunculan setiap nilai atau kategori dalam dataset, yang memberikan pandangan umum tentang distribusi data. Mean (rata-rata) dan median (nilai tengah) adalah ukuran pusat yang memberikan informasi tentang lokasi nilai-nilai data di tengah distribusi. Sedangkan standar

deviasi mengukur sebaran data di sekitar mean, memberikan gambaran tentang variasi atau keragaman dalam dataset (Fink, 2016).

Dengan menggunakan statistik deskriptif, peneliti dapat mengidentifikasi pola dan tren dasar dalam data. Misalnya, mean dapat memberikan indikasi tentang kecenderungan umum dalam data, sementara median dapat membantu memahami distribusi data yang mungkin tidak simetris atau terpengaruh oleh nilai ekstrem. Frekuensi dan distribusi juga membantu dalam mengidentifikasi kategori yang paling umum atau jarang, yang penting untuk analisis lebih lanjut.

Statistik deskriptif memberikan dasar yang diperlukan untuk langkah analisis berikutnya dengan menyajikan gambaran umum dari data. Dengan memahami karakteristik dasar ini, peneliti dapat menginterpretasikan hasil dengan lebih baik dan memutuskan metode analisis yang lebih kompleks yang mungkin diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Proses ini juga membantu dalam memvalidasi data, mengidentifikasi outlier, dan memastikan bahwa data memenuhi asumsi dasar untuk analisis statistik lebih lanjut.

3) Analisis Inferensial

Analisis inferensial adalah metode statistik yang digunakan untuk membuat kesimpulan tentang populasi berdasarkan sampel data yang terbatas. Teknik ini memungkinkan peneliti untuk menguji hipotesis dan mengevaluasi hubungan antara variabel. Salah satu teknik yang sering digunakan adalah uji-t, yang membandingkan rata-rata dari dua kelompok untuk menentukan apakah perbedaan yang diamati signifikan secara statistik (Murtagh & Heck, 2012). Misalnya, uji-t dapat digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan signifikan dalam jumlah sampah laut antara dua lokasi yang berbeda.

ANOVA (*Analysis of Variance*) adalah teknik lain yang berguna untuk membandingkan rata-rata lebih dari dua kelompok. Dengan menggunakan ANOVA, peneliti dapat menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan

antara beberapa kelompok atau kondisi. Misalnya, ANOVA dapat digunakan untuk mengevaluasi apakah berbagai jenis kebijakan pengelolaan sampah laut memiliki dampak yang berbeda pada pengurangan jumlah sampah di pantai.

Regresi, baik regresi linier maupun regresi berganda, digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu atau lebih variabel independen dan variabel dependen. Dalam konteks sampah laut, regresi dapat membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi akumulasi sampah dan efektivitas berbagai strategi mitigasi. Teknik ini memberikan wawasan tentang bagaimana variabel-variabel seperti kebijakan pengelolaan, aktivitas manusia, atau kondisi lingkungan mempengaruhi masalah sampah laut, memungkinkan peneliti untuk membuat rekomendasi berbasis data untuk kebijakan dan praktik pengelolaan yang lebih baik.

4) Visualisasi Data

Visualisasi data adalah teknik penting dalam analisis kuantitatif yang memungkinkan penyajian informasi dalam bentuk grafik, tabel, dan diagram untuk mempermudah pemahaman dan interpretasi. Dengan menggunakan visualisasi, data kompleks yang mungkin sulit dipahami dalam format tabel atau angka mentah dapat disajikan dengan cara yang lebih intuitif dan mudah diakses (Tufté, 2001). Misalnya, grafik batang dan grafik garis dapat digunakan untuk menunjukkan perubahan jumlah sampah laut dari waktu ke waktu, sementara diagram lingkaran dapat memperlihatkan proporsi jenis sampah yang ditemukan di lokasi tertentu.

Visualisasi membantu dalam mengidentifikasi tren, pola, dan hubungan dalam data yang mungkin tidak segera terlihat. Dengan menampilkan data secara visual, peneliti dapat lebih mudah mengamati pola distribusi sampah laut di berbagai lokasi, serta mengidentifikasi area dengan akumulasi tinggi atau tren penurunan yang signifikan. Misalnya, peta panas atau peta distribusi dapat digunakan untuk menunjukkan lokasi konsentrasi sampah laut,

memfasilitasi analisis geospasial dan pemahaman yang lebih mendalam tentang penyebaran sampah.

Visualisasi data mendukung komunikasi hasil penelitian kepada audiens yang lebih luas, termasuk pembuat kebijakan, masyarakat umum, dan pemangku kepentingan lainnya. Dengan grafik dan diagram yang jelas, hasil analisis dapat disampaikan dengan cara yang lebih persuasif dan mudah dipahami, meningkatkan efektivitas penyampaian pesan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Teknik visualisasi ini juga memungkinkan pembaca untuk dengan cepat menangkap informasi kunci dan memahami implikasi dari data yang diperoleh, serta mendorong tindakan yang lebih efektif dalam pengelolaan sampah laut.

c. **Pemodelan**

Pemodelan digunakan untuk memperkirakan dampak dan efek dari berbagai variabel yang terkait dengan masalah sampah laut. Teknik pemodelan meliputi:

1) **Model Matematika**

Model matematika adalah alat yang sangat penting dalam penelitian sampah laut, digunakan untuk memprediksi berbagai aspek dari akumulasi sampah, penyebaran mikroplastik, dan dampak kebijakan pengelolaan sampah. Dengan memanfaatkan data kuantitatif yang telah dikumpulkan dan teori ilmiah yang relevan, model ini dapat membantu dalam memahami dinamika dan kompleksitas masalah sampah laut secara lebih mendalam. Misalnya, model matematika dapat mengestimasi berapa banyak sampah yang akan terakumulasi di laut selama periode tertentu berdasarkan pola pembuangan dan aliran arus laut.

Pada prakteknya, model matematika sering kali melibatkan penggunaan persamaan diferensial dan simulasi komputer untuk memproyeksikan distribusi dan dampak sampah laut. Parameter-parameter yang digunakan dalam model ini, seperti laju pembuangan, arus laut, dan kondisi atmosfer, diintegrasikan untuk menghasilkan prediksi yang akurat dan berguna. Model ini dapat mencakup berbagai

skenario, memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi efektivitas berbagai strategi mitigasi dan kebijakan pengelolaan sampah laut sebelum diimplementasikan.

2) Simulasi Komputer

Simulasi komputer adalah teknik yang sangat berguna dalam studi pengelolaan sampah laut, memungkinkan peneliti untuk menguji berbagai skenario dan strategi mitigasi dalam lingkungan virtual. Dengan menggunakan perangkat lunak simulasi, peneliti dapat memodelkan berbagai faktor seperti pola arus laut, distribusi sampah, dan dampak kebijakan pengelolaan untuk menilai hasil potensial dari berbagai tindakan. Simulasi ini memungkinkan penilaian risiko dan efektivitas strategi mitigasi sebelum implementasi di lapangan, membantu pengambil keputusan dalam memilih solusi yang paling efisien dan efektif.

Dengan simulasi komputer, berbagai skenario dapat dieksplorasi, termasuk pengaruh dari berbagai tingkat intervensi, perubahan dalam kebijakan, atau skenario perubahan iklim. Misalnya, simulasi dapat digunakan untuk memproyeksikan bagaimana penurunan penggunaan plastik sekali pakai atau peningkatan program pembersihan dapat mempengaruhi akumulasi sampah laut dalam jangka panjang. Ini memberikan wawasan yang berharga tentang dampak potensial dari kebijakan yang diusulkan dan membantu dalam merancang strategi yang lebih informatif.

2. Validasi Data

a. Validasi Internal

Validasi internal melibatkan pemeriksaan konsistensi dan akurasi data dalam konteks penelitian itu sendiri:

1) Triangulasi Data

Triangulasi data adalah teknik yang digunakan untuk meningkatkan keakuratan dan validitas hasil penelitian dengan membandingkan data dari berbagai sumber dan metode. Dengan menerapkan triangulasi, peneliti dapat memastikan bahwa hasil yang diperoleh tidak hanya

bergantung pada satu sumber data atau metode penelitian, tetapi dikonfirmasi melalui berbagai perspektif (Denzin, 2017). Misalnya, temuan dari survei kuantitatif dapat dibandingkan dengan data sekunder dari laporan resmi dan wawancara kualitatif untuk memverifikasi konsistensi informasi dan mendalami pemahaman yang lebih holistik tentang masalah yang diteliti.

Proses triangulasi melibatkan evaluasi data yang diperoleh dari berbagai metode seperti survei, wawancara, dan observasi untuk menemukan kesamaan, perbedaan, dan pola yang relevan. Dengan cara ini, peneliti dapat mengidentifikasi potensi bias atau kesalahan yang mungkin timbul dari satu metode atau sumber data. Misalnya, jika hasil survei menunjukkan tren tertentu, namun wawancara dengan para ahli memberikan pandangan yang berbeda, peneliti dapat menyelidiki lebih lanjut untuk memahami alasan perbedaan tersebut dan mengonfirmasi temuan yang konsisten.

2) Verifikasi Temuan

Verifikasi temuan adalah langkah krusial dalam penelitian yang memastikan bahwa interpretasi dan kesimpulan yang diambil dari data adalah akurat dan didukung oleh bukti yang kuat. Proses ini melibatkan peninjauan ulang secara menyeluruh terhadap data kualitatif dan kuantitatif yang telah dianalisis untuk mendeteksi adanya kesalahan, bias, atau interpretasi yang tidak tepat (Flick, 2022). Dengan memverifikasi temuan, peneliti dapat memastikan bahwa setiap kesimpulan yang diambil benar-benar mencerminkan data yang dikumpulkan dan tidak terpengaruh oleh kesalahan analitis atau subjektivitas.

Proses verifikasi dimulai dengan menilai kembali data mentah dan hasil analisis untuk memastikan bahwa semua langkah analitis, termasuk pengkodean dalam data kualitatif dan statistik dalam data kuantitatif, telah dilakukan dengan benar. Ini melibatkan pemeriksaan ulang terhadap setiap fase dari analisis, termasuk cara data dikumpulkan, diolah, dan disajikan. Dengan menggunakan

teknik verifikasi seperti cross-checking dan memeriksa konsistensi hasil, peneliti dapat mengidentifikasi potensi bias atau kesalahan dalam interpretasi.

b. Validasi Eksternal

Validasi eksternal melibatkan penilaian terhadap validitas dan reliabilitas temuan dalam konteks yang lebih luas:

1) *Peer Review*

Peer review adalah proses evaluasi yang penting dalam penelitian akademik yang memastikan kualitas dan keakuratan temuan. Dalam konteks buku ini, hasil penelitian dan temuan terkait sampah laut diserahkan kepada ahli di bidang tersebut untuk ulasan kritis. *Peer review* melibatkan penilaian mendalam oleh para ahli yang memiliki pengetahuan khusus dalam area studi sampah laut, dan memberikan umpan balik yang berharga mengenai metode penelitian, analisis data, serta kesimpulan yang diambil.

Selama proses *peer review*, para ahli akan memeriksa setiap aspek dari penelitian, termasuk validitas metodologi yang digunakan, kecermatan dalam analisis data, serta ketepatan interpretasi temuan, juga mengevaluasi apakah penelitian telah memenuhi standar ilmiah dan apakah hasilnya dapat dipertanggungjawabkan. Ulasan ini bertujuan untuk memastikan bahwa informasi yang disajikan dalam buku adalah akurat, relevan, dan bermanfaat bagi komunitas ilmiah serta pembaca umum.

2) Umpan Balik dari Praktisi

Umpan balik dari praktisi dan pembuat kebijakan berperan krusial dalam memastikan relevansi dan kepraktisan temuan buku ini. Para praktisi, yang terdiri dari ahli lingkungan, pengelola sampah, dan pelaksana program konservasi, memberikan wawasan langsung mengenai tantangan dan kebutuhan di lapangan. Dengan melibatkannya dalam proses evaluasi, buku ini dapat menilai apakah rekomendasi yang diusulkan sesuai dengan praktik terbaik yang ada dan apakah dapat diimplementasikan secara efektif.

Umpan balik ini diperoleh melalui diskusi, konsultasi, dan evaluasi terhadap draft buku. Praktisi dan pembuat kebijakan diminta untuk memberikan pendapatnya tentang temuan utama, rekomendasi kebijakan, dan strategi mitigasi yang diusulkan, dapat menunjukkan aspek-aspek yang mungkin telah diabaikan, memberikan masukan tentang konteks lokal, serta mengidentifikasi potensi hambatan atau dukungan dalam implementasi rekomendasi.

3) Replikasi Studi

Replikasi studi merupakan langkah penting dalam memastikan validitas dan konsistensi temuan dari buku ini di berbagai konteks dan lokasi. Dengan menerapkan metode yang sama atau serupa dalam studi yang dilakukan di lokasi atau populasi yang berbeda, peneliti dapat memverifikasi apakah hasil yang diperoleh sebelumnya dapat diterapkan secara luas atau jika ada variabilitas yang signifikan dalam temuan (Campbell & Stanley, 2015). Proses ini memberikan jaminan tambahan bahwa rekomendasi dan kesimpulan yang ditarik dari penelitian ini tidak hanya berlaku di satu konteks spesifik, tetapi juga relevan dalam situasi yang berbeda.

Replikasi dapat melibatkan penggunaan desain penelitian yang identik atau serupa, serta penerapan teknik pengumpulan data yang sama untuk menjaga konsistensi. Misalnya, jika buku ini menggunakan survei untuk mengumpulkan data tentang sikap terhadap sampah laut, maka studi replikasi juga harus menggunakan survei dengan format yang sama. Selain itu, perbandingan hasil dari studi replikasi dengan hasil asli dapat mengungkapkan perbedaan atau kesamaan yang signifikan, sehingga memperkaya pemahaman tentang efektivitas berbagai strategi dan kebijakan.



BAB IV

KOMPOSISI DAN SUMBER SAMPAH LAUT

Komposisi dan sumber sampah laut, yang merupakan elemen kunci dalam memahami dampak pencemaran laut dan merancang solusi efektif. Bagian ini akan membahas berbagai jenis sampah laut, mulai dari plastik, logam, hingga bahan organik, dan bagaimana karakteristiknya mempengaruhi ekosistem laut. Sampah laut terdiri dari berbagai material, yang masing-masing memiliki proses pembentukan dan dampak lingkungan yang berbeda. Selain komposisi, bab ini juga membahas sumber-sumber utama sampah laut. Aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri, sampah domestik, dan operasi perikanan berperan besar dalam menghasilkan sampah laut. Pembuangan langsung dari kapal serta aliran sampah dari darat ke laut melalui sungai dan aliran juga merupakan faktor signifikan. Memahami sumber-sumber ini sangat penting untuk mengidentifikasi titik-titik kritis dalam rantai pengelolaan sampah dan merancang kebijakan yang dapat mengurangi pembuangan sampah ke lautan.

A. Jenis-jenis Sampah Laut

Jenis-jenis sampah laut bervariasi dan mencakup berbagai material yang berkontribusi pada pencemaran lingkungan laut. Sampah ini termasuk plastik, logam, kaca, serta bahan organik dan non-organik lainnya. Plastik, khususnya, adalah salah satu jenis sampah yang paling umum dan merusak, dengan mikroplastik yang sering tersebar luas dan sulit terurai (Thompson et al., 2004). Selain itu, sampah dari peralatan perikanan seperti jaring dan garis pancing yang hilang juga sering ditemukan, menyebabkan dampak berkelanjutan pada ekosistem laut (Macfadyen et al., 2009).

1. Plastik

a. Plastik Sekali Pakai

Plastik sekali pakai merupakan salah satu jenis sampah laut yang paling umum dan berbahaya, sering kali mencakup produk seperti botol air, kantong plastik, dan alat makan plastik. Produk-produk ini dirancang untuk penggunaan jangka pendek, tetapi dampaknya terhadap lingkungan berlangsung lama. Setiap tahun, sekitar 8 juta ton plastik, sebagian besar dari jenis sekali pakai, diperkirakan masuk ke lautan kita (Jambeck et al., 2015). Volume yang besar ini menyumbang secara signifikan terhadap pencemaran laut global dan memperburuk kondisi ekosistem laut yang sudah tertekan.

Gambar 4. Contoh Sampah Plastik



Sumber: *Dinas Lingkungan Hidup Semarang*

Setelah dibuang, plastik sekali pakai seringkali mengalami proses degradasi yang lama dan kompleks di lingkungan laut. Proses ini melibatkan pemecahan plastik menjadi partikel yang lebih kecil, yang dikenal sebagai mikroplastik. Mikroplastik ini sulit untuk dideteksi dan dihilangkan karena ukurannya yang sangat kecil dan kemampuannya untuk menyebar luas di lingkungan laut. Keberadaan mikroplastik dalam sistem laut dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang serius, termasuk

kontaminasi rantai makanan dan dampak negatif pada berbagai spesies laut.

b. Mikroplastik

Mikroplastik adalah partikel plastik yang berukuran kurang dari 5 mm, dan merupakan salah satu bentuk pencemaran plastik yang paling sulit diatasi. Mikroplastik dapat terbentuk dari degradasi plastik yang lebih besar, seperti botol atau kantong plastik, atau berasal dari produk konsumen seperti scrubber kosmetik yang mengandung butiran plastik kecil. Karena ukuran kecilnya, mikroplastik dapat menyebar luas di lingkungan laut, mencapai berbagai habitat dari permukaan hingga dasar laut.

Setelah terlepas ke lautan, mikroplastik dapat ditemukan di hampir setiap ekosistem laut, termasuk di daerah yang jauh dari sumber pencemaran langsung. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik telah terdeteksi dalam air laut, sedimen, dan bahkan dalam tubuh berbagai spesies laut, mulai dari plankton hingga mamalia laut (Thompson et al., 2004). Konsentrasi mikroplastik ini menyebabkan kekhawatiran besar karena partikel-partikel ini mudah tertelan oleh organisme laut, yang mengakibatkan potensi dampak kesehatan yang serius.

c. Makroplastik

Makroplastik merujuk pada potongan plastik yang memiliki ukuran lebih besar dari 5 mm, dan sering kali mencakup barang-barang seperti jaring ikan, pelampung, dan botol plastik. Barang-barang ini biasanya ditemukan di laut sebagai hasil dari pembuangan sampah atau kecelakaan, dan dapat bertahan di lingkungan laut selama bertahun-tahun sebelum terdegradasi menjadi mikroplastik. Salah satu contoh makroplastik yang sangat merusak adalah jaring ikan yang ditinggalkan atau dibuang, sering disebut sebagai "*ghost nets*" (Lebreton et al., 2018).

Jaring ikan yang ditinggalkan ini tidak hanya menambah beban sampah laut tetapi juga menimbulkan bahaya besar bagi kehidupan laut. Jaring ini dapat terus menangkap dan membunuh ikan, penyu, mamalia laut, dan burung laut, yang terjebak dalam jaring dan tidak dapat melepaskan diri. Fenomena ini, dikenal sebagai "bycatch," merusak populasi

spesies laut dan dapat menyebabkan penurunan yang signifikan dalam ekosistem laut.

2. Kertas dan Karton

a. Kertas

Kertas, yang mencakup berbagai bahan seperti kemasan, koran, dan karton, juga menjadi bagian dari masalah sampah laut. Meskipun kertas dan karton terurai lebih cepat dibandingkan plastik, keberadaannya di lingkungan laut tetap menimbulkan masalah signifikan. Ketika kertas dan karton berakhir di laut, dapat mengalami proses degradasi yang menghasilkan serpihan kecil, yang berpotensi mencemari habitat pesisir dan laut (Barnes et al., 2009).

Gambar 5. Sampah Laut Kertas



Sumber: Kumparan

Degradasi kertas di laut dapat menyebabkan gangguan pada ekosistem pesisir, terutama jika kertas yang terurai mencemari terumbu karang atau area padang lamun. Serpihan kertas dapat menutupi habitat laut yang penting, mengurangi akses sinar matahari, dan mempengaruhi proses fotosintesis pada tanaman laut. Selain itu, bahan kimia yang mungkin terkandung dalam tinta atau lapisan kertas dapat mencemari air laut dan membahayakan organisme laut.

b. Karton

Karton, yang biasanya digunakan untuk kemasan produk, sering kali menjadi bagian dari sampah laut setelah dibuang secara sembarangan. Meskipun karton terurai lebih cepat dibandingkan dengan plastik, keberadaannya di lingkungan laut tetap menimbulkan dampak negatif. Ketika karton terpapar air laut, ia mulai mengalami proses dekomposisi yang dapat menghasilkan serpihan kecil dan partikel yang tersebar di perairan.

Selama proses dekomposisi, karton dapat mencemari ekosistem laut dengan menghasilkan partikel-partikel kecil yang mengganggu habitat laut. Serpihan karton dapat menutupi terumbu karang dan padang lamun, menghambat fotosintesis pada tanaman laut, dan mengurangi kualitas habitat bagi berbagai spesies laut. Selain itu, bahan kimia dari tinta atau lapisan pelindung pada karton dapat mencemari air dan membahayakan organisme laut.

3. Logam

a. Logam Berat

Logam berat, termasuk timbal, merkuri, dan cadmium, sering menjadi komponen berbahaya dalam sampah laut. Sumber utama logam berat ini adalah pembuangan peralatan industri, kendaraan, dan barang-barang rumah tangga yang mengandung logam berat ke dalam lingkungan laut. Ketika logam-logam ini masuk ke laut, dapat terakumulasi di sedimentasi dasar laut, dan secara bertahap mengontaminasi ekosistem maritim.

Dampak dari logam berat di lingkungan laut sangat signifikan. Logam berat seperti merkuri dan timbal tidak hanya mencemari air laut tetapi juga dapat terakumulasi dalam tubuh organisme laut melalui proses bioakumulasi. Proses ini terjadi ketika organisme kecil, seperti plankton, menyerap logam berat, yang kemudian dimakan oleh predator yang lebih besar. Akibatnya, konsentrasi logam berat meningkat sepanjang rantai makanan, dan dapat mempengaruhi kesehatan berbagai spesies laut, termasuk ikan yang dikonsumsi oleh manusia.

b. Logam Non-Keropos

Logam non-keropos, seperti kaleng makanan dan minuman, sering menjadi jenis sampah laut yang signifikan. Kaleng-kaleng ini, terbuat dari logam seperti aluminium atau baja, umumnya tidak terurai dengan mudah dan dapat bertahan di lingkungan laut selama beberapa dekade (Geyer et al., 2017). Ketika kaleng ini terbuang ke laut, tidak hanya menyumbat saluran air dan merusak habitat pesisir, tetapi juga melepaskan bahan kimia berbahaya ke dalam ekosistem.

Proses degradasi kaleng logam di lingkungan laut dapat menyebabkan pelepasan zat kimia berbahaya seperti bisphenol A (BPA) dan logam berat ke dalam air. Zat-zat ini dapat mencemari air laut dan mempengaruhi kualitas ekosistem. Mikroorganisme dan organisme laut yang terpapar bahan kimia ini berisiko mengalami gangguan kesehatan dan fungsi biologis yang merugikan, yang dapat mempengaruhi keseluruhan rantai makanan laut.

4. Bahan Berbahaya dan Beracun

a. Bahan Kimia Berbahaya

Bahan kimia berbahaya seperti pestisida, produk perawatan pribadi, dan obat-obatan sering kali menjadi bagian dari pencemaran laut, memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan ekosistem laut dan manusia. Bahan kimia ini dapat masuk ke lautan melalui limbah industri, pembuangan domestik, dan aliran permukaan, dan berpotensi menumpuk di lingkungan laut dalam konsentrasi yang berbahaya.

Salah satu masalah utama dengan bahan kimia berbahaya ini adalah kemampuannya untuk menumpuk dalam tubuh organisme laut melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Sebagai contoh, pestisida yang digunakan di pertanian dapat terbawa ke laut dan terakumulasi dalam plankton, yang kemudian dimakan oleh ikan dan hewan laut lainnya. Ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius pada spesies laut, termasuk masalah reproduksi, kerusakan organ, dan penurunan populasi.

b. Sampah Medis

Sampah medis, termasuk jarum suntik dan bahan medis sekali pakai, menjadi masalah serius ketika terbuang ke lingkungan laut, menimbulkan risiko besar bagi ekosistem laut dan kesehatan manusia (Sivadas et al., 2022). Sampah ini sering kali berasal dari fasilitas kesehatan, rumah sakit, atau tempat penyimpanan medis yang tidak dikelola dengan baik, dan dapat terbawa oleh aliran limbah atau pembuangan yang tidak tepat ke laut.

Jarum suntik dan bahan medis sekali pakai mengandung zat berbahaya dan patogen yang berpotensi menularkan penyakit jika tidak dikelola dengan benar. Ketika sampah medis ini terbuang ke laut, tidak hanya mencemari lingkungan, tetapi juga dapat menularkan kontaminan berbahaya ke organisme laut. Patogen yang ada dalam sampah medis, seperti bakteri dan virus, dapat bertahan hidup dalam air laut dan berpotensi mengancam kesehatan biota laut serta manusia yang mengonsumsi produk laut yang terkontaminasi.

5. Kain dan Tekstil

a. Tekstil Sintetis

Tekstil sintetis, yang meliputi pakaian, jaring ikan, dan berbagai produk tekstil lainnya, sering kali menjadi penyumbang signifikan dalam pencemaran mikroplastik di lautan. Produk-produk ini biasanya terbuat dari bahan-bahan seperti poliester, nylon, dan akrilik yang tidak terurai dengan mudah di lingkungan laut. Ketika tekstil sintetis ini terbuang ke laut, baik secara langsung atau melalui limbah, mulai mengalami proses degradasi akibat paparan sinar matahari, gelombang laut, dan reaksi kimia di air. Proses ini menyebabkan tekstil besar menjadi serpihan-serpihan kecil yang dikenal sebagai mikroplastik (Napper & Thompson, 2016).

Serat mikroplastik yang berasal dari tekstil sintetis dapat tersebar ke seluruh ekosistem laut, dari permukaan hingga dasar laut. Mikroplastik ini memiliki dampak serius pada biota laut, termasuk ikan, krustasea, dan organisme plankton. Organisme-organisme ini sering kali mengonsumsi mikroplastik secara

tidak sengaja, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti gangguan pencernaan, penurunan nutrisi, dan bahkan kematian. Akumulasi mikroplastik dalam tubuh organisme laut juga berpotensi masuk ke rantai makanan manusia, menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia yang mengonsumsi produk laut.

b. Kain Alam

Kain alami, termasuk kapas, wol, dan serat alami lainnya, juga dapat menjadi bagian dari sampah laut meskipun biasanya terurai lebih cepat dibandingkan dengan tekstil sintetis. Ketika kain alami berakhir di lingkungan laut, mengalami proses degradasi alami akibat paparan sinar matahari, air, dan gelombang. Selama proses ini, kain alami akan terurai menjadi serat-serat yang lebih kecil, meskipun umumnya lebih besar dari mikroplastik yang dihasilkan oleh tekstil sintetis.

Meskipun serat-serat dari kain alami mungkin terurai lebih cepat, masih dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem laut. Serat-serat ini dapat mengganggu habitat laut, terutama bagi organisme yang mengandalkan substrat alami untuk hidup. Selain itu, meskipun kain alami terurai lebih cepat, serat-serat tersebut tetap dapat terakumulasi di dasar laut atau terlibat dalam proses pencemaran mikroplastik jika terpecah lebih lanjut.

6. Sampah Organik

a. Sampah Makanan

Sampah makanan, yang meliputi sisa-sisa makanan dan produk pertanian yang terbuang, sering kali ditemukan di lingkungan laut, dan dampaknya terhadap ekosistem laut bisa signifikan. Ketika sampah makanan memasuki laut, ia mulai terdegradasi dan membusuk, melepaskan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor ke dalam air. Nutrisi ini dapat menyebabkan ledakan alga, yang dikenal sebagai eutrofikasi. Eutrofikasi berlebihan ini dapat menyebabkan pembungaan alga yang masif, atau "*algal blooms*," yang mengurangi kadar oksigen dalam air dan dapat menyebabkan kematian massal organisme laut.

Pembungaan alga yang berlebihan juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem laut. Beberapa jenis alga yang berkembang biak dalam kondisi eutrofikasi dapat mengeluarkan racun yang berbahaya bagi ikan, mamalia laut, dan bahkan manusia jika terkontaminasi dalam rantai makanan. Masalah ini semakin diperparah oleh fakta bahwa sisa-sisa makanan dapat menarik spesies seperti burung laut dan mamalia laut yang mungkin terjebak dalam akumulasi sampah atau mengonsumsi bahan-bahan yang terkontaminasi.

b. Material Alam

Material alam, seperti ranting dan daun, sering kali ditemukan sebagai bagian dari sampah laut. Meskipun secara alami terurai lebih cepat dibandingkan dengan plastik atau logam, material ini tetap memiliki dampak ekologis yang signifikan jika tidak dikelola dengan benar. Ranting dan daun yang terbuang ke laut dapat mempengaruhi habitat bawah laut dengan mengubah struktur dasar dari ekosistem pesisir, seperti terumbu karang dan padang lamun. Ketika material alami ini terakumulasi, dapat mengganggu proses alami di ekosistem tersebut, seperti pergerakan arus air dan distribusi nutrisi.

Meskipun proses dekomposisi material alami lebih cepat, dapat menyebabkan masalah selama tahap awal. Ranting dan daun yang terjebak dalam sistem perairan dapat membentuk penghalang yang menghambat aliran air dan menimbulkan penumpukan bahan organik. Hal ini dapat menyebabkan kondisi anaerobik yang mengurangi kadar oksigen dalam air, mempengaruhi kesehatan organisme laut seperti ikan dan invertebrata. Proses dekomposisi juga dapat melepaskan nutrisi ke dalam air yang, jika berlebihan, dapat berkontribusi pada pertumbuhan alga yang berlebihan dan eutrofikasi.

B. Sumber dan Penyebab Utama

Sumber dan penyebab utama sampah laut melibatkan berbagai aktivitas manusia yang secara langsung atau tidak langsung mengakibatkan pencemaran. Pembuangan sampah dari darat melalui sungai dan aliran serta pembuangan limbah langsung dari kapal adalah penyumbang utama (Cózar et al., 2014). Selain itu, penggunaan plastik

sekali pakai dan peralatan perikanan yang hilang juga berkontribusi signifikan terhadap akumulasi sampah di lautan (Jambeck et al., 2015). Faktor-faktor ini diperburuk oleh pengelolaan limbah yang buruk dan kurangnya penegakan hukum, yang mempercepat proses pencemaran laut (Browne et al., 2015).

1. Sumber Sampah Laut

a. Aktivitas Industri

1) Industri Perikanan

Industri perikanan berkontribusi secara signifikan terhadap masalah sampah laut, terutama melalui alat tangkap ikan yang ditinggal atau terbuang. Jaring ikan, garis pancing, dan pelampung yang tidak digunakan lagi seringkali menjadi bagian dari sampah laut. Ketika alat tangkap ini berakhir di lautan, dapat menciptakan masalah serius yang dikenal sebagai "*ghost gear*" atau peralatan hantu. Alat-alat ini dapat terus berfungsi seolah-olah masih aktif, dengan jaring yang tersangkut dan garis pancing yang tersebar, secara tidak sengaja menangkap dan membunuh berbagai organisme laut, termasuk ikan dan mamalia laut (Jambeck et al., 2015).

Masalah ini tidak hanya mengancam kehidupan laut secara langsung, tetapi juga menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut. Studi oleh Macfadyen et al. (2009) mengestimasi bahwa sekitar 640.000 ton alat tangkap ikan hilang setiap tahun, menekankan betapa signifikan dampak dari *ghost gear* terhadap lingkungan laut. Alat tangkap ini tidak hanya membunuh hewan yang tidak sengaja terperangkap, tetapi juga dapat merusak habitat laut seperti terumbu karang dan padang lamun. Jaring dan garis pancing yang terdampar dapat menyelip dan mengikat struktur bawah laut, mengganggu proses ekosistem alami dan mengurangi keanekaragaman hayati.

2) Industri Maritim

Industri maritim berperan signifikan dalam kontribusi terhadap pencemaran laut, dengan aktivitas seperti pelayaran dan pengangkutan yang sering kali menghasilkan sampah laut yang merugikan. Salah satu

bentuk pencemaran yang paling mencolok adalah pembuangan limbah dari kapal, yang dapat meliputi berbagai jenis bahan seperti minyak, plastik, dan bahan kimia. Dalam banyak kasus, limbah ini dibuang langsung ke laut, baik secara legal maupun ilegal, memperburuk masalah pencemaran laut. Cózar et al. (2014) menunjukkan bahwa industri maritim menyumbang sekitar 20% dari total sampah plastik di lautan, menekankan betapa besar kontribusi sektor ini terhadap masalah global.

Salah satu faktor utama dalam pencemaran laut yang terkait dengan industri maritim adalah penggunaan bahan-bahan sekali pakai di kapal. Kapal-kapal sering kali menggunakan plastik, kemasan, dan barang-barang sekali pakai yang pada akhirnya dibuang ke laut. Selain itu, adanya kurangnya penegakan hukum terhadap pembuangan limbah di banyak wilayah juga memperburuk situasi. Beberapa kapal mungkin tidak mematuhi regulasi internasional tentang pengelolaan limbah, yang mengakibatkan pembuangan yang tidak terkelola dengan baik.

b. Aktivitas Perdagangan dan Konsumsi

1) Pengemasan Plastik

Pengemasan plastik, terutama dalam bentuk botol air dan kantong plastik, merupakan salah satu penyebab utama pencemaran laut yang signifikan. Plastik sekali pakai, yang dirancang untuk digunakan hanya sekali sebelum dibuang, seringkali berakhir sebagai sampah laut. Studi oleh Geyer et al. (2017) menunjukkan bahwa sebagian besar sampah plastik yang mencemari lautan berasal dari kemasan konsumsi, yang mencakup berbagai produk sehari-hari yang dikemas dalam plastik. Fenomena ini mencerminkan ketergantungan masyarakat pada plastik untuk kemudahan dan fungsionalitas, yang tidak diimbangi dengan sistem pengelolaan limbah yang efektif.

Kemasan plastik, seperti botol air dan kantong plastik, sering kali dibuang sembarangan atau tidak diolah dengan benar, yang menyebabkan akumulasi plastik di lingkungan laut. Plastik ini tidak terurai dengan mudah dan dapat

bertahan selama ratusan tahun di lautan, di mana ia dapat terfragmentasi menjadi partikel-partikel kecil yang dikenal sebagai mikroplastik. Mikroplastik ini kemudian dapat mengancam kehidupan laut dengan memasuki rantai makanan, mempengaruhi kesehatan hewan laut dan ekosistem secara keseluruhan.

2) Limbah Domestik

Limbah domestik, yang meliputi sampah rumah tangga dan produk konsumen, sering kali menjadi penyebab utama pencemaran laut, terutama jika tidak dikelola dengan baik. Sebagian besar sampah ini berasal dari aktivitas sehari-hari, seperti kemasan makanan, produk perawatan pribadi, dan barang-barang konsumsi lainnya. Menurut penelitian oleh Andrady (2017), sampah domestik, termasuk plastik sekali pakai dan bahan kemasan, berkontribusi signifikan terhadap akumulasi sampah laut. Ketika limbah domestik tidak dikelola dengan benar, banyak di antaranya berakhir di lingkungan laut melalui aliran sungai, pembuangan langsung, atau sebagai hasil dari pengelolaan sampah yang tidak memadai di darat.

Salah satu masalah utama terkait limbah domestik adalah kurangnya fasilitas pengolahan sampah yang memadai. Di banyak tempat, terutama di negara-negara berkembang, infrastruktur untuk pengumpulan, pengolahan, dan pembuangan sampah masih sangat terbatas. Kurangnya fasilitas ini mengakibatkan penumpukan sampah yang sering kali dibuang sembarangan, yang akhirnya terbawa ke laut melalui aliran sungai atau limpasan permukaan. Ketidacukupan fasilitas ini diperparah oleh kurangnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan sampah yang baik dan dampak lingkungan dari pembuangan sampah sembarangan.

c. Aktivitas Pesisir

1) Pembangunan Pesisir

Pembangunan pesisir yang pesat sering kali mengakibatkan gangguan signifikan pada sistem pengelolaan limbah dan berkontribusi pada pencemaran

laut. Kegiatan pembangunan pesisir, terutama di daerah urban dan industri, sering kali menyebabkan peningkatan aliran limbah ke lautan. Pembangunan pesisir, seperti pembangunan gedung, infrastruktur jalan, dan area industri, sering kali memerlukan pengerjaan besar-besaran yang dapat mengubah sistem drainase alami dan meningkatkan volume limbah yang dibuang ke laut.

Salah satu dampak utama dari pembangunan pesisir adalah peningkatan volume limbah yang dibuang ke laut. Proses konstruksi sering kali menghasilkan limbah bahan bangunan, seperti beton, kayu, dan logam, yang dapat terlepas ke lingkungan sekitar dan akhirnya terbawa ke lautan. Selain itu, penggunaan produk kimia dalam proses konstruksi, seperti cat dan pelarut, dapat mencemari saluran air yang mengalir ke laut. Ketika limbah ini tidak dikelola dengan baik, dapat menyebabkan pencemaran yang merugikan ekosistem laut dan kualitas air.

2) Pariwisata

Pariwisata pesisir sering kali berkontribusi secara signifikan terhadap masalah sampah laut, terutama ketika aktivitasnya tidak dikelola dengan baik. Aktivitas wisata yang tidak ramah lingkungan, seperti pembuangan sampah sembarangan oleh pengunjung pantai dan kegiatan rekreasi yang tidak diatur, dapat menyebabkan akumulasi sampah di lingkungan laut. Pantai yang populer sebagai destinasi wisata sering kali menjadi tempat sampah yang tidak terkelola dengan baik, dengan pengunjung meninggalkan kemasan makanan, botol plastik, dan barang-barang sekali pakai yang akhirnya terbawa ke laut.

Agamuthu et al. (2019) menunjukkan bahwa pariwisata pesisir merupakan salah satu penyumbang sampah laut yang signifikan, dengan plastik menjadi material yang paling umum. Plastik dari kemasan makanan, botol minuman, dan barang-barang rekreasi sering kali tertinggal di area pantai dan kemudian terbawa oleh angin atau aliran air ke lautan. Selain itu, aktivitas seperti olahraga air, perahu, dan snorkeling dapat mengakibatkan

pengelolaan sampah yang buruk dan meningkatkan kemungkinan sampah masuk ke laut.

2. Penyebab Utama Sampah Laut

a. Kurangnya Kesadaran dan Pendidikan

Kurangnya kesadaran dan pendidikan tentang dampak sampah laut adalah salah satu penyebab utama pencemaran laut yang sering kali diabaikan. Banyak individu dan komunitas tidak sepenuhnya memahami bagaimana tindakan sehari-hari, seperti membuang sampah sembarangan atau penggunaan plastik sekali pakai, dapat mempengaruhi lingkungan laut (Vince & Hardesty, 2017). Ketidakpahaman ini sering kali berakar dari kurangnya pengetahuan tentang siklus hidup sampah dan bagaimana limbah tersebut dapat meresap ke dalam ekosistem laut.

Satu aspek penting dari masalah ini adalah kurangnya pendidikan dan kampanye kesadaran yang efektif di masyarakat. Tanpa pemahaman yang memadai mengenai dampak sampah laut, individu mungkin tidak merasa terdorong untuk mengubah perilaku. Pendidikan lingkungan yang berbasis pada informasi yang jelas dan mudah diakses dapat berperan kunci dalam mengubah pandangan dan perilaku masyarakat. Kampanye kesadaran yang berhasil dapat mengedukasi publik tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik, serta konsekuensi negatif dari pencemaran laut.

b. Sistem Pengelolaan Limbah yang Tidak Memadai

Sistem pengelolaan limbah yang tidak memadai adalah salah satu faktor utama yang berkontribusi pada pencemaran laut. Banyak negara, terutama yang sedang berkembang, menghadapi tantangan signifikan dalam mengelola limbah dengan cara yang efektif dan berkelanjutan. Infrastruktur pengelolaan limbah yang buruk, termasuk tempat pembuangan sampah yang tidak memadai dan fasilitas daur ulang yang terbatas, sering kali mengakibatkan sampah domestik dan industri dibuang sembarangan, sering kali berakhir di lingkungan laut. Hal ini mengarah pada akumulasi sampah yang signifikan di lautan, yang dapat mencemari ekosistem dan merugikan kehidupan laut.

Penelitian oleh Kaza et al. (2018) mengidentifikasi bahwa pengelolaan sampah yang buruk berhubungan langsung dengan tingginya jumlah sampah laut. Kurangnya sistem pengelolaan yang terintegrasi dan kebijakan yang lemah menyebabkan banyak sampah, terutama plastik dan bahan non-biodegradable, tidak dapat dikelola dengan benar. Banyak negara yang tidak memiliki kebijakan yang memadai untuk mencegah pembuangan sampah sembarangan dan untuk memastikan bahwa limbah yang dihasilkan diolah dengan cara yang ramah lingkungan.

c. Peraturan dan Penegakan Hukum yang Lemah

Kurangnya peraturan dan penegakan hukum mengenai pembuangan limbah laut merupakan penyebab utama pencemaran yang sering terjadi di lingkungan laut. Banyak negara menghadapi tantangan dalam menciptakan dan menerapkan regulasi yang memadai untuk mencegah pembuangan limbah secara sembarangan ke laut. Tanpa adanya peraturan yang ketat dan sistem penegakan hukum yang efektif, pembuangan limbah oleh industri, kapal, dan individu menjadi masalah yang sulit dikendalikan, menyebabkan peningkatan akumulasi sampah di lautan.

Salah satu aspek utama dari permasalahan ini adalah lemahnya kebijakan dan peraturan yang ada di banyak negara. Banyak negara, khususnya yang sedang berkembang, tidak memiliki undang-undang yang cukup tegas atau sumber daya yang memadai untuk menegakkan peraturan terkait pengelolaan limbah laut. Akibatnya, aktivitas pembuangan limbah yang ilegal atau tidak ramah lingkungan sering kali tidak mendapatkan sanksi yang sesuai, dan pelanggaran berlanjut tanpa adanya konsekuensi yang jelas.

d. Konsumsi dan Produksi yang Tidak Berkelanjutan

Konsumsi dan produksi yang tidak berkelanjutan berkontribusi signifikan terhadap masalah sampah laut. Pola konsumsi yang mengutamakan produk sekali pakai dan tidak memperhatikan dampak akhir hayat material menyebabkan akumulasi sampah yang besar di lingkungan laut (Lebreton et al., 2018). Banyak barang, seperti kemasan makanan dan produk sehari-hari, dirancang untuk digunakan sekali dan

dibuang, tanpa mempertimbangkan kemudahan daur ulang atau pengelolaan limbah yang efektif.

Model produksi linear yang dominan, di mana bahan baku digunakan untuk memproduksi barang yang kemudian dibuang setelah digunakan, memperburuk masalah ini (Macarthur & Heading, 2019). Sistem ini mengabaikan prinsip daur ulang dan pengurangan sampah, menyebabkan banyak material yang berpotensi berguna akhirnya menjadi sampah. Produk yang tidak dirancang untuk umur panjang atau mudah didaur ulang sering kali berakhir sebagai sampah laut, karena tidak ada mekanisme yang memadai untuk mengelola akhir hayat material tersebut.

C. Proses Pembentukan Sampah Laut

Sampah sering kali dimulai dari pembuangan langsung ke laut atau terangkut dari darat melalui sungai dan aliran (Jambeck et al., 2015). Setelah memasuki lautan, sampah dipindahkan oleh arus, gelombang, dan angin, seringkali terakumulasi di area tertentu seperti gyres (Lebreton et al., 2017). Proses ini juga mencakup degradasi material, di mana plastik dan bahan lain pecah menjadi partikel yang lebih kecil, seperti mikroplastik, yang semakin sulit diatasi (Thompson et al., 2004).

1. Proses Pembuangan dan Pengelolaan

Pembuangan sampah ke laut dapat terjadi melalui dua mekanisme utama: pembuangan langsung dan tidak langsung. Pembuangan langsung melibatkan penyaluran limbah langsung ke laut dari sumber-sumber seperti kapal, instalasi industri, atau fasilitas pengolahan limbah yang tidak mematuhi regulasi lingkungan. Kapal-kapal, terutama yang beroperasi di perairan internasional, sering kali membuang sampah seperti plastik dan limbah industri secara langsung ke laut, terutama jika pengawasan dan penegakan hukum tidak ketat (Cózar et al., 2014). Penelitian menunjukkan bahwa sekitar 20% dari sampah laut berasal dari pembuangan langsung ini, yang mencerminkan dampak signifikan dari aktivitas maritim terhadap pencemaran laut.

Pembuangan tidak langsung terjadi ketika sampah dibuang ke darat dan kemudian terbawa ke laut melalui aliran sungai atau angin. Sampah yang dibuang sembarangan atau yang tidak dikelola dengan baik

di area daratan dapat dengan mudah diangkut oleh sistem drainase atau aliran sungai menuju laut. Selain itu, angin juga dapat membawa sampah ringan, seperti kantong plastik, dari tempat pembuangan sampah ke lingkungan pesisir, di mana akhirnya sampah tersebut dapat terhanyut ke laut. Proses ini memperlihatkan keterkaitan antara pengelolaan sampah di daratan dan pencemaran laut.

Tingkat pencemaran laut dari pembuangan tidak langsung ini sering kali lebih sulit dikendalikan karena melibatkan banyak variabel, termasuk kualitas sistem pengelolaan limbah di darat dan efektivitas pengendalian aliran sungai. Oleh karena itu, pencegahan pencemaran laut memerlukan pendekatan holistik yang mencakup pengelolaan limbah yang baik di darat serta regulasi yang ketat terhadap pembuangan langsung ke laut. Untuk mengatasi masalah ini, perlu adanya kerjasama antara pemerintah, industri, dan masyarakat dalam meningkatkan sistem pengelolaan limbah dan memperketat regulasi pembuangan limbah laut. Penerapan solusi yang efektif dan penegakan hukum yang ketat dapat membantu mengurangi kontribusi sampah laut dari kedua jenis pembuangan ini, serta melindungi ekosistem laut dan kesehatan manusia.

2. Transportasi Sampah di Laut

a. Mekanisme Transportasi

Setelah sampah memasuki lingkungan laut, proses transportasi sampah dimulai dan melibatkan berbagai mekanisme alam. Arus laut adalah faktor utama dalam mendistribusikan sampah di lautan. Arus permukaan, yang dipengaruhi oleh angin, dan arus dalam, yang dikendalikan oleh perbedaan suhu dan salinitas, berperan penting dalam memindahkan sampah dari area pembuangan ke berbagai lokasi di lautan. Arus permukaan dapat membawa sampah dari pantai atau titik pembuangan ke tempat-tempat yang jauh, sementara arus dalam mengalir di kedalaman laut dan dapat memindahkan sampah ke bagian-bagian lautan yang lebih dalam.

Gelombang juga berkontribusi pada transportasi sampah laut dengan menggerakkan sampah di permukaan laut dan memindahkannya ke daerah-daerah yang lebih luas. Gelombang yang kuat dapat memecah sampah yang lebih besar menjadi potongan-potongan lebih kecil dan

mendistribusikannya ke seluruh wilayah laut. Proses ini memperbesar potensi pencemaran, karena potongan-potongan kecil dapat menyebar ke area yang lebih luas dan sulit terdeteksi.

Angin berperan tambahan dalam memindahkan sampah ringan, seperti kantong plastik dan serat tekstil, dari permukaan laut ke pantai atau ke daerah-daerah pesisir. Angin dapat membawa sampah dari daerah pengumpulan ke pantai, di mana sampah tersebut dapat menumpuk dan menyebabkan pencemaran di lingkungan pesisir. Transportasi oleh angin juga dapat menyebabkan sampah terakumulasi di daerah-daerah yang memiliki kondisi atmosfer yang mendukung.

b. Akumulasi di Zona Akumulasi

Sampah laut sering kali mengalami akumulasi di zona tertentu yang dikenal sebagai gyres, yaitu sistem arus sirkulasi besar yang membentuk area dengan konsentrasi sampah laut yang sangat tinggi. Gyres adalah hasil dari interaksi arus laut yang membentuk pola sirkulasi besar di lautan, menciptakan area dengan tekanan rendah yang mengarah ke pusatnya. Di sini, sampah yang terhanyut oleh arus laut akan terjebak dan mengumpul, menghasilkan zona akumulasi yang sangat padat.

Salah satu contoh paling terkenal dari zona akumulasi adalah *Great Pacific Garbage Patch*, yang terletak di tengah-tengah Gyre Pasifik Utara. Penelitian oleh Eriksen et al. (2013) mengungkapkan bahwa gyres seperti ini berfungsi sebagai perangkap bagi sampah laut, di mana arus-arus yang mengalir membentuk lingkaran yang membawa sampah ke pusat gyre. Akibatnya, sampah laut yang terbawa oleh arus akan terakumulasi di area ini, menciptakan konsentrasi yang sangat tinggi dari plastik dan material lainnya.

Proses akumulasi ini memperburuk pencemaran laut karena sampah yang terperangkap dalam gyres cenderung tidak bergerak dan tetap berada di area yang sama untuk waktu yang lama. Material plastik, misalnya, dapat terurai menjadi mikroplastik yang lebih kecil seiring waktu, namun tetap berada di area tersebut, memperpanjang dampak negatifnya pada lingkungan. Selain itu, sampah yang terakumulasi dapat

menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut, seperti merusak habitat karang dan membahayakan kehidupan laut.

c. **Transportasi oleh Angin dan Gelombang**

Transportasi sampah laut tidak hanya dipengaruhi oleh arus laut, tetapi juga oleh angin dan gelombang yang berperan signifikan dalam penyebaran dan redistribusi sampah di lautan. Angin, terutama angin kencang, dapat mengangkat sampah ringan seperti kantong plastik, styrofoam, dan potongan kecil bahan organik dari pantai ke laut. Sampah yang terbawa angin sering kali menyebar ke area yang lebih luas, mengubah pola distribusi dan mengakibatkan akumulasi di lokasi-lokasi yang sebelumnya tidak terdampak.

Gelombang juga mempengaruhi transportasi dan distribusi sampah laut. Gelombang yang kuat dapat mendorong sampah dari area terbuka ke pantai, menyebabkan akumulasi sampah di garis pantai yang sering kali sulit untuk dibersihkan. Selain itu, gelombang juga berperan dalam pemecahan sampah yang lebih besar menjadi potongan-potongan kecil, seperti mikroplastik. Proses ini tidak hanya memperluas jangkauan sampah tetapi juga meningkatkan kesulitan dalam pembersihan, karena potongan-potongan kecil lebih sulit untuk dipungut dan memiliki dampak yang lebih luas pada ekosistem laut.

Transportasi oleh angin dan gelombang dapat menyebabkan sampah tersebar di berbagai area, memperluas dampak pencemaran laut ke lokasi-lokasi yang berbeda. Contohnya, sampah yang terakumulasi di gyres besar dapat tersebar ke area pantai atau pulau-pulau terpencil melalui aksi gelombang dan angin. Perubahan distribusi ini juga dapat mempengaruhi kesehatan ekosistem laut dan biota yang hidup di dalamnya, karena sampah dapat masuk ke dalam rantai makanan dan merusak habitat penting.

3. Degradasi dan Transformasi Sampah

a. **Proses Degradasi**

Sampah laut melalui proses degradasi yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Salah satu faktor utama adalah paparan sinar matahari, yang menyebabkan fotodegradasi pada bahan plastik. Ketika plastik terkena sinar

ultraviolet (UV) dari matahari, ikatan kimia dalam bahan plastik mulai melemah. Proses ini memecah plastik menjadi potongan-potongan yang lebih kecil, yang dikenal sebagai mikroplastik (Thompson et al., 2004). Fotodegradasi ini bukan hanya mempercepat pemecahan plastik, tetapi juga mengubah ukuran partikel menjadi mikroplastik yang sulit diidentifikasi dan dihapus dari lingkungan laut.

Proses degradasi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik lainnya, seperti abrasi oleh gelombang dan arus laut. Gelombang yang kuat dan pergerakan arus dapat mengikis dan memecah sampah menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Abrasi ini mempercepat pemecahan bahan plastik dan material lainnya, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan jumlah mikroplastik di lautan. Sebagai tambahan, pengaruh biologis seperti penempelan organisme laut pada sampah juga dapat mempercepat proses degradasi, karena organisme tersebut dapat memecah material melalui aktivitas makan dan pencernaan.

Degradasi sampah laut, terutama plastik, meningkatkan risiko pencemaran lingkungan laut secara signifikan. Mikroplastik yang dihasilkan dari proses degradasi ini dapat menyebar ke seluruh ekosistem laut, masuk ke dalam rantai makanan dan berdampak pada kesehatan biota laut. Mikroplastik dapat diakses oleh organisme kecil seperti plankton, yang kemudian dimakan oleh hewan laut yang lebih besar. Akumulasi mikroplastik dalam tubuh hewan laut dapat menyebabkan dampak kesehatan yang serius dan mengganggu keseimbangan ekosistem laut.

b. Mikroplastik dan Partikel Kecil

Mikroplastik, partikel plastik dengan diameter kurang dari 5 mm, merupakan salah satu bentuk sampah laut yang paling sulit diatasi dan berbahaya bagi ekosistem laut. Mikroplastik biasanya terbentuk dari degradasi plastik yang lebih besar, seperti botol atau kemasan, yang mengalami fotodegradasi dan mekanisme pengikisan oleh gelombang laut. Ketika plastik terpecah menjadi partikel-partikel kecil ini, mikroplastik dapat tersebar luas di lautan dan berakhir di berbagai habitat, dari permukaan laut hingga dasar laut.

Mikroplastik memiliki dampak yang luas dan signifikan terhadap ekosistem laut. Partikel-partikel kecil ini sering kali terperangkap dalam jaringan plankton dan organisme laut kecil lainnya, yang dapat mengakibatkan dampak serius pada rantai makanan. Organisme kecil yang mengonsumsi mikroplastik berisiko mengalami gangguan kesehatan, seperti peradangan atau keracunan, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi predator. Ini menciptakan efek domino yang dapat mempengaruhi seluruh ekosistem laut dan, akhirnya, manusia yang mengonsumsi hasil laut.

Studi oleh Ivar do Sul dan Costa (2014) menunjukkan bahwa mikroplastik telah terdeteksi di hampir semua ekosistem laut, mulai dari permukaan hingga kedalaman dasar laut. Penelitian ini mengungkapkan betapa luasnya penyebaran mikroplastik, yang menunjukkan bahwa pencemaran plastik telah menyentuh setiap sudut lingkungan laut. Temuan ini membahas kebutuhan mendesak untuk solusi yang lebih efektif dalam mengatasi sampah plastik dan mencegah mikroplastik memasuki ekosistem laut.

c. Perubahan Fisik dan Kimia

Sampah laut mengalami perubahan fisik dan kimia seiring waktu yang dapat memperburuk dampaknya terhadap lingkungan. Plastik dan bahan sintesis lainnya, misalnya, mengalami proses degradasi yang dapat mengubah struktur dan sifat kimianya. Proses ini sering kali melibatkan fotodegradasi, di mana paparan sinar matahari menyebabkan plastik menjadi rapuh dan pecah menjadi potongan-potongan kecil. Namun, perubahan fisik ini sering kali disertai dengan pelepasan bahan kimia berbahaya yang terkandung dalam plastik, seperti bisphenol A (BPA) dan ftalat, yang dapat mencemari air dan meracuni organisme laut (Andrady, 2017).

Proses oksidasi juga mempengaruhi sampah laut. Oksidasi, yang sering dipicu oleh sinar ultraviolet dan reaksi dengan oksigen di lingkungan laut, dapat menyebabkan plastik menjadi lebih rapuh dan mempercepat pembentukan mikroplastik. Oksidasi ini tidak hanya memecah plastik menjadi partikel yang lebih kecil tetapi juga dapat mengubah komposisi kimianya,

membuatnya lebih reaktif dan lebih berpotensi merusak lingkungan.

Proses biokonversi oleh mikroorganisme laut dapat mengubah karakteristik sampah. Beberapa mikroorganisme dapat mendegradasi bahan organik dalam sampah, tetapi dalam proses ini, dapat menghasilkan senyawa kimia yang merusak ekosistem. Bahan-bahan kimia ini, ketika dilepaskan ke dalam air, dapat mempengaruhi kualitas air dan mengganggu kesehatan organisme laut. Misalnya, senyawa toksik yang terbentuk selama proses ini dapat meracuni plankton, ikan, dan makhluk laut lainnya, menyebabkan gangguan dalam rantai makanan laut.



BAB V

DISTRIBUSI DAN PERGERAKAN SAMPAH LAUT

Distribusi dan pergerakan sampah laut adalah aspek krusial dalam memahami dampak pencemaran laut dan merancang strategi pembersihan yang efektif. Bab ini membahas bagaimana sampah tersebar di berbagai wilayah lautan dan faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakannya. Distribusi sampah laut tidak merata dan dipengaruhi oleh berbagai mekanisme alami dan aktivitas manusia, termasuk arus laut, gelombang, angin, serta pengelolaan limbah di daratan dan laut. Mengidentifikasi pola distribusi sampah memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang area-area kritis yang memerlukan intervensi.

Pergerakan sampah laut dipengaruhi oleh arus permukaan dan dalam, serta gelombang dan angin. Arus permukaan, yang dipengaruhi oleh pola atmosfer, membawa sampah dari sumbernya ke lokasi yang berbeda, sering kali mengarah ke daerah-daerah tertentu seperti gyres. Sementara itu, arus dalam, yang bergerak lambat dan dipengaruhi oleh perbedaan suhu dan salinitas, dapat mengangkut sampah ke kedalaman laut yang berbeda. Gelombang dan angin juga berperan dalam memindahkan sampah di permukaan laut, mempengaruhi pola distribusi dengan cara yang bervariasi.

A. Pola Distribusi Geografis

Pola distribusi geografis sampah laut mencerminkan bagaimana sampah terdistribusi di berbagai area lautan, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti arus laut, gelombang, dan aktivitas manusia. Sampah sering kali terkumpul di daerah-daerah tertentu seperti gyres, di mana arus laut konvergen dan mengumpulkan material apung. Penelitian oleh

Cózar et al. (2014) menunjukkan bahwa sampah plastik, khususnya, sering ditemukan di area dengan arus konvergen seperti *Great Pacific Garbage Patch*, menggambarkan akumulasi yang signifikan di lokasi-lokasi ini.

1. Area Akumulasi Sampah Laut

a. Gyres Laut

Gyres laut, atau sistem sirkulasi arus besar di lautan, berperan kunci dalam akumulasi sampah laut. Ada lima gyres utama yang membentuk sistem arus besar di lautan dunia: North Pacific Gyre, South Pacific Gyre, North Atlantic Gyre, South Atlantic Gyre, dan Indian Ocean Gyre. Gyres ini merupakan hasil dari interaksi kompleks antara arus permukaan dan arus dalam, yang menciptakan sistem sirkulasi tertutup yang secara efektif menjebak sampah laut. Arus sirkulasi di gyres ini membawa sampah ke pusat-pusat, di mana sampah dapat mengumpul dalam jumlah besar.

Penelitian oleh Cózar et al. (2014) menunjukkan bahwa gyres ini berfungsi sebagai "penangkap" sampah laut, di mana arus sirkulasi menyebabkan sampah terakumulasi di pusat gyres. Arus laut yang melingkar di sekitar pusat gyres menciptakan zona dengan konsentrasi sampah yang sangat tinggi. Salah satu contoh paling terkenal dari fenomena ini adalah *Great Pacific Garbage Patch*, yang terletak di North Pacific Gyre. Patch ini adalah salah satu area akumulasi sampah terbesar di dunia, mencakup wilayah yang sangat luas dan menyimpan jumlah sampah yang mengkhawatirkan.

Sampah yang terkumpul di gyres ini sering kali terdiri dari plastik dan bahan buatan manusia lainnya yang sulit terurai. Penumpukan sampah di gyres tidak hanya menyebabkan pencemaran visual tetapi juga menimbulkan masalah serius bagi kehidupan laut. Mikroplastik dan partikel kecil lainnya dapat mengancam kesehatan organisme laut, termasuk ikan dan burung laut, yang seringkali salah mengira sampah tersebut sebagai makanan.

b. Zona Akumulasi Lokal

Zona akumulasi lokal merupakan area spesifik di sekitar pulau-pulau dan pantai-pantai tertentu di mana sampah laut

sering kali terkumpul dalam jumlah signifikan. Berbeda dengan gyres, yang merupakan sistem arus global, zona akumulasi lokal sering kali terbentuk karena faktor-faktor geografis dan oceanografis yang mempengaruhi bagaimana sampah laut didistribusikan dan terakumulasi. Penelitian oleh Eriksen et al. (2013) mengidentifikasi bahwa zona-zona ini sering terletak di lokasi-lokasi dengan arus konvergensi, di mana arus laut bertemu dan menghasilkan kondisi ideal untuk penumpukan sampah.

Di sekitar pulau-pulau dan pantai, faktor-faktor seperti terumbu karang dan cekungan laut berfungsi sebagai penghalang alami yang dapat memperlambat aliran sampah dan menyebabkan konsentrasi sampah yang lebih tinggi di area tersebut. Terumbu karang, misalnya, dapat bertindak sebagai filter alami yang menangkap sampah yang terbawa arus, sementara cekungan laut dapat menjadi tempat akumulasi bagi sampah yang mengalir dari daerah yang lebih luas. Ini menciptakan zona akumulasi lokal yang dapat memiliki dampak lingkungan yang signifikan.

Zona akumulasi lokal sering kali mengalami penumpukan sampah yang tidak hanya mencakup material plastik tetapi juga berbagai jenis sampah lainnya seperti logam dan bahan kimia. Akumulasi ini dapat menyebabkan pencemaran yang berat di ekosistem pesisir, memengaruhi flora dan fauna lokal, serta merusak habitat laut. Misalnya, sampah yang terperangkap di sekitar terumbu karang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur terumbu dan mengganggu kehidupan laut yang bergantung pada habitat tersebut.

2. Pengaruh Arus Laut

a. Arus Permukaan dan Arus Dalam

Arus laut, baik arus permukaan maupun arus dalam, memiliki peran krusial dalam mendistribusikan sampah laut di seluruh lautan dunia. Arus permukaan, yang mengalir di sepanjang garis lintang, berfungsi sebagai saluran transportasi utama bagi sampah yang dibawa dari daratan ke lautan. Arus ini dapat membawa berbagai jenis sampah, mulai dari plastik sekali pakai hingga bahan kimia berbahaya, ke lokasi yang jauh dari

sumbernya. Penelitian menunjukkan bahwa arus permukaan tidak hanya memindahkan sampah dari pantai ke laut, tetapi juga menciptakan pola distribusi yang luas, sehingga sampah dapat terakumulasi di berbagai area seperti gyres dan zona akumulasi lokal.

Arus dalam, atau arus laut yang terjadi di bawah permukaan, juga berperan penting dalam pengangkutan sampah. Meskipun arus ini tidak terlihat secara langsung, ia memiliki kekuatan untuk mentransportasi sampah ke kedalaman laut yang lebih besar, serta memindahkan material dari satu bagian lautan ke bagian lain. Arus dalam ini sering kali berperan dalam mendistribusikan sampah ke berbagai ekosistem laut, termasuk dasar laut dan zona mesopelagik. Proses ini dapat menyebabkan akumulasi sampah di area-area yang sulit dijangkau untuk pembersihan, meningkatkan tantangan dalam mengatasi pencemaran laut.

Kombinasi arus permukaan dan arus dalam menciptakan pola distribusi yang kompleks bagi sampah laut. Arus permukaan dapat mengangkut sampah ke area yang lebih luas, sementara arus dalam dapat membawa material ke kedalaman yang tidak terlihat dan sulit diakses. Kedua jenis arus ini berkontribusi pada penyebaran dan akumulasi sampah laut di berbagai area, termasuk gyres besar, zona akumulasi lokal, dan dasar laut.

b. Arus Dalam dan Sirkulasi Global

Arus dalam, termasuk arus termohalin, berperan penting dalam mendistribusikan sampah laut ke kedalaman laut yang lebih dalam dan memiliki jangkauan yang sangat luas. Arus termohalin, yang merupakan komponen kunci dari sirkulasi global laut, bergerak perlahan tetapi mempengaruhi distribusi sampah di seluruh lapisan laut. Berbeda dengan arus permukaan yang lebih cepat dan lebih terlokalisasi, arus termohalin mengalir di kedalaman laut dan bertanggung jawab untuk memindahkan massa air besar dari satu bagian dunia ke bagian lain.

MacLeod et al. (2021) mengungkapkan bahwa arus termohalin dapat mengangkut sampah dari zona permukaan ke kedalaman yang jauh di lautan. Proses ini terjadi karena arus

termohalin membawa air dingin dan padat dari daerah kutub ke daerah tropis, menggerakkan material dan sampah yang terjebak di permukaan ke lapisan bawah laut. Dampaknya adalah bahwa sampah yang awalnya berada di permukaan atau dekat dengan pantai dapat dipindahkan ke area yang jauh lebih dalam dan sering kali sulit diakses.

Arus termohalin juga dapat mengubah pola distribusi sampah secara global. Karena arus ini beroperasi pada skala besar dan melibatkan pergerakan massa air yang luas, sampah yang terlibat dalam arus termohalin dapat mencapai lokasi-lokasi yang sangat berbeda dari asalnya. Hal ini membuat pengelolaan dan pembersihan sampah laut menjadi lebih kompleks karena sampah dapat tersebar di berbagai lapisan laut dan lokasi geografis.

3. Pengaruh Cuaca dan Musim

a. Pengaruh Angin dan Gelombang

Cuaca, termasuk pola angin dan gelombang, memiliki pengaruh signifikan terhadap pergerakan dan distribusi sampah laut. Angin dapat membawa sampah ringan, seperti kantong plastik dan styrofoam, dari daratan menuju laut, serta memindahkannya ke lokasi-lokasi baru. Ketika angin bertiup kencang, partikel-partikel kecil dan barang-barang ringan dari pantai atau aktivitas manusia dapat tersebar luas di permukaan laut. Hal ini menciptakan pola distribusi yang tidak teratur dan sulit diprediksi, memperumit upaya pembersihan dan pengelolaan sampah.

Gelombang laut juga berperan krusial dalam memindahkan sampah di lautan. Gelombang besar, terutama selama badai, dapat mengangkat sampah dari permukaan laut dan mengarahkannya ke pantai atau ke area yang lebih luas di lautan. Fenomena ini sering menyebabkan akumulasi sampah di sepanjang garis pantai, di mana gelombang menghantam pantai dan melepaskan material yang sebelumnya berada di laut. Dampak dari gelombang ini sering terlihat dalam bentuk tumpukan sampah di pantai yang dapat mencemari lingkungan pesisir dan mempengaruhi ekosistem lokal.

Badai besar dan gelombang tinggi dapat memperburuk situasi dengan meningkatkan sebaran sampah. Selama badai, gelombang yang kuat dan angin kencang dapat menyebabkan sampah yang sudah ada di lautan terpecah menjadi potongan-potongan kecil dan menyebar ke area yang lebih luas. Proses ini mengubah pola distribusi sampah, menjadikannya lebih sulit untuk dilacak dan dikendalikan.

b. Musim dan Variabilitas

Variabilitas musiman memiliki dampak yang signifikan terhadap distribusi dan akumulasi sampah laut. Selama musim hujan, aliran sungai dan curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan transportasi sampah dari daratan menuju laut. Air hujan yang mengalir ke sungai sering membawa bersama sampah yang telah terakumulasi di daratan, seperti kemasan plastik dan sisa-sisa makanan. Aliran ini kemudian mengalir ke laut, memperburuk pencemaran dan memperbesar beban sampah yang masuk ke lingkungan laut.

Selama musim kering, aliran air berkurang dan sampah yang terbawa ke laut melalui sungai mungkin menurun. Namun, ini tidak berarti pencemaran berkurang; sebaliknya, dalam periode ini, sampah yang telah terakumulasi di lautan selama musim hujan mungkin akan terakumulasi lebih lanjut di zona tertentu, terutama di area yang tidak terjangkau oleh arus laut yang lebih kecil. Kurangnya hujan juga dapat mempengaruhi proses pengelolaan limbah domestik, di mana penurunan aliran sungai bisa memperlambat pencucian limbah dari daratan.

Musim juga mempengaruhi pola arus dan angin, yang berkontribusi pada perubahan dalam distribusi sampah laut. Selama musim tertentu, arus laut bisa berubah arah atau intensitasnya, memindahkan sampah dari satu lokasi ke lokasi lain. Misalnya, perubahan dalam pola angin musiman dapat mempengaruhi arah pergerakan sampah, membuatnya lebih sulit untuk diprediksi dan dikelola.

B. Mekanisme Pergerakan di Laut

Sampah laut tersebar di berbagai bagian lautan melalui mekanisme yang kompleks melibatkan berbagai proses fisik dan

biologis. Proses ini mempengaruhi bagaimana sampah berpindah dari sumbernya, bergerak melintasi lautan, dan akhirnya terakumulasi di area tertentu.

1. Arus Laut

Arus laut berperan krusial dalam pergerakan dan distribusi sampah laut di berbagai belahan dunia. Arus permukaan, yang terutama dihasilkan oleh angin, mengalir di lapisan atas lautan dan menjadi mekanisme utama pemindahan sampah dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Arus ini sangat dipengaruhi oleh pola atmosfer, seperti sistem tekanan tinggi dan rendah, yang menentukan arah dan kecepatan aliran air. Menurut Levitus et al. (2012), arus permukaan memiliki kecepatan yang bervariasi, yang dapat mempengaruhi sejauh mana sampah dapat berpindah sebelum akhirnya terakumulasi di area tertentu. Misalnya, dalam gyres laut sirkulasi arus besar yang ada di lautan seperti Gyre Pasifik Utara dan Selatan, sampah yang mengapung di permukaan laut dapat terakumulasi dalam area yang relatif stabil, dikenal sebagai “penampung” sampah.

Gyres laut, yang terbentuk oleh arus permukaan, sering kali menjadi lokasi utama akumulasi sampah laut. Arus permukaan membentuk pola sirkulasi yang luas di lautan, yang dapat menarik sampah dari area yang luas ke pusat gyres. Di area ini, sampah yang mengapung sering kali terperangkap dalam pola sirkulasi yang tidak memungkinkan untuk bergerak keluar dari gyres. Fenomena ini menyebabkan pembentukan zona akumulasi sampah besar seperti *Great Pacific Garbage Patch*, yang merupakan salah satu contoh paling terkenal dari akumulasi sampah di gyres.

Arus dalam atau sirkulasi termohalin juga memiliki dampak signifikan terhadap distribusi sampah di kedalaman laut. Arus ini bergerak lebih lambat dibandingkan arus permukaan dan dipengaruhi oleh perbedaan suhu dan salinitas air. Arus termohalin menghubungkan berbagai lapisan laut dan dapat membawa sampah dari permukaan laut ke kedalaman yang lebih dalam. Proses ini mempengaruhi pola distribusi sampah di berbagai kedalaman, menciptakan tantangan tambahan dalam pengelolaan dan pembersihan sampah laut.

Sirkulasi termohalin ini berfungsi sebagai saluran yang dapat mengarahkan sampah ke daerah-daerah terpencil di lautan dalam, yang sering kali sulit diakses dan lebih sulit untuk dibersihkan. Sampah yang

terperangkap dalam arus dalam bisa berada di kedalaman laut yang jauh dari jangkauan aktivitas manusia dan upaya pembersihan. Ini menambah kompleksitas dalam menangani pencemaran laut, karena bagian dari sampah tersebut tidak dapat dengan mudah diidentifikasi atau diatasi. Interaksi antara arus permukaan dan arus dalam menciptakan pola distribusi sampah laut yang kompleks. Sementara arus permukaan membawa sampah ke area yang lebih luas dan mengakumulasi sampah di gyres, arus dalam bisa memindahkan sampah ke kedalaman laut yang lebih dalam, memperpanjang waktu dan jarak perjalanan sampah sebelum terakumulasi. Kombinasi kedua jenis arus ini menciptakan tantangan tambahan dalam upaya pembersihan dan pengelolaan sampah laut.

2. Gelombang dan Badai

Gelombang permukaan yang dihasilkan oleh angin memiliki dampak signifikan terhadap pergerakan sampah laut di lautan. Gelombang ini dapat mengangkat sampah ringan seperti kantong plastik dan styrofoam, memindahkannya di permukaan laut, dan menyebarkannya ke berbagai lokasi. Gelombang dapat menyebarkan sampah di permukaan laut secara acak. Hal ini menciptakan pola distribusi yang sering kali tidak teratur dan sulit diprediksi. Gelombang kecil mungkin hanya memindahkan sampah dalam jarak yang pendek, sedangkan gelombang besar dapat mengangkat dan memindahkan sampah jauh dari pantai, menciptakan pola distribusi yang lebih luas dan beragam. Sebagai tambahan, gelombang yang kuat dapat mempengaruhi akumulasi sampah dengan cara mengangkut material ke area yang sebelumnya tidak terpengaruh, meningkatkan penyebaran sampah di sepanjang pantai dan di tengah laut. Sementara gelombang permukaan dapat memiliki efek ini, gelombang yang sangat besar dan kuat, seperti yang terjadi selama badai dan tsunami, dapat menyebabkan perubahan yang lebih drastis dalam pola distribusi sampah.

Badai adalah fenomena cuaca ekstrem yang dapat memiliki dampak besar pada distribusi sampah laut. Badai sering kali memindahkan sampah dari area pantai ke lautan atau sebaliknya, tergantung pada arah dan kekuatan badai. Selama badai, angin kencang dan gelombang yang tinggi dapat mengakibatkan sampah yang ada di pantai terbawa jauh ke laut. Sebaliknya, sampah yang ada di lautan dapat terdorong ke pantai atau ke zona akumulasi tertentu di laut. Tsunami,

yang dihasilkan oleh aktivitas seismik seperti gempa bumi, juga memiliki potensi besar untuk memindahkan sampah dalam skala besar. Tsunami dapat membawa sejumlah besar sampah dari daratan ke lautan dalam waktu singkat. Penelitian oleh Domínguez et al. (2021) menunjukkan bahwa peristiwa cuaca ekstrem seperti badai dan tsunami dapat menyebabkan perubahan besar dalam pola distribusi sampah laut. Tsunami, khususnya, dapat menyebabkan akumulasi sampah di daerah-daerah yang sebelumnya tidak terkena dampak, menciptakan tantangan besar dalam pengelolaan dan pembersihan.

3. Angin

Angin berperan penting dalam distribusi sampah di permukaan laut dengan menggerakkan sampah ringan seperti plastik dan botol. Sebagai faktor yang mempengaruhi pergerakan sampah, angin dapat menyebabkan material tersebut berpindah dari satu lokasi ke lokasi lainnya, membentuk pola distribusi yang dipengaruhi oleh kekuatan dan arah angin. Penelitian oleh Eriksen et al. (2013) menunjukkan bahwa angin berfungsi sebagai mekanisme utama dalam pergerakan sampah permukaan laut, dengan angin yang lebih kuat menghasilkan pergerakan sampah yang lebih luas dan cepat. Misalnya, kantong plastik dan botol yang ringan dapat dibawa jauh dari sumbernya oleh angin yang kuat, menyebar ke area yang lebih luas dari lautan.

Kekuatan angin dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam pola distribusi sampah, terutama di area dengan angin kencang. Angin yang berhembus dari arah tertentu dapat mengarahkan sampah ke titik akumulasi atau ke pantai, mempengaruhi pola penumpukan di daerah-daerah pesisir dan tengah laut. Proses ini dapat menyebabkan konsentrasi sampah di daerah tertentu, seperti di sekitar pulau-pulau atau dalam gyres laut, di mana angin dan arus laut bertemu. Oleh karena itu, memahami pola angin adalah kunci untuk memprediksi pergerakan sampah dan merencanakan strategi pembersihan yang lebih efektif.

Pola angin musiman juga mempengaruhi distribusi sampah laut. Variasi musiman dalam kekuatan dan arah angin dapat mengubah pola pergerakan sampah dari waktu ke waktu. Perubahan musiman dalam pola angin dapat menciptakan pola akumulasi yang berbeda selama waktu-waktu tertentu dalam setahun. Misalnya, selama musim panas, angin mungkin memiliki pola tertentu yang menyebabkan sampah terakumulasi di lokasi tertentu, sedangkan selama musim hujan, angin

dan hujan dapat menyebabkan pergeseran signifikan dalam distribusi sampah. Angin juga dapat mempengaruhi pergerakan sampah ke daerah-daerah yang sebelumnya tidak terkena dampak, seperti pulau-pulau terpencil atau area pesisir yang jarang dikunjungi. Akibatnya, daerah-daerah tersebut mungkin mengalami akumulasi sampah yang tinggi, yang bisa menjadi tantangan besar dalam hal pembersihan dan pengelolaan sampah. Proses ini membahas perlunya perhatian khusus dalam pemantauan dan pengelolaan sampah di daerah-daerah yang mungkin tidak memiliki infrastruktur pembersihan yang memadai.

Angin yang lebih ringan mungkin tidak menyebabkan pergerakan sampah yang signifikan, tetapi tetap mempengaruhi distribusi sampah dalam jangka waktu yang lebih lama. Sampah yang terakumulasi di area dengan angin ringan mungkin tetap berada di lokasi tersebut, menjadi bagian dari pola distribusi sampah yang lebih stabil. Ini menunjukkan bahwa meskipun kekuatan angin mempengaruhi pergerakan sampah, faktor-faktor lain seperti arus laut dan gelombang juga berperan dalam distribusi sampah. Angin merupakan faktor yang sangat mempengaruhi distribusi sampah laut. Pola angin musiman dan perubahan dalam kekuatan angin dapat menciptakan pola distribusi sampah yang kompleks dan bervariasi sepanjang tahun. Memahami dinamika angin dan bagaimana ia mempengaruhi sampah laut dapat membantu dalam merancang strategi pembersihan yang lebih efektif dan mengurangi dampak pencemaran di lautan.

4. Interaksi Sampah dengan Lingkungan Laut

Interaksi antara sampah dan lingkungan laut berperan penting dalam pergerakan dan distribusi sampah di lautan. Faktor-faktor seperti densitas, ukuran, dan komposisi sampah menentukan bagaimana sampah berpindah dan terakumulasi di berbagai bagian laut. Sampah yang lebih ringan, seperti plastik dan bahan organik, cenderung mengapung di permukaan laut dan dipengaruhi oleh arus, gelombang, dan angin. Misalnya, kantong plastik dan botol sering terlihat mengapung di permukaan laut, terbawa oleh arus permukaan dan angin, menyebar ke area yang luas. Sebaliknya, sampah yang lebih berat atau besar, seperti peralatan perikanan dan puing-puing konstruksi, sering kali tenggelam atau terakumulasi di area tertentu. Puing-puing konstruksi dan alat tangkap ikan yang ditinggalkan atau hilang dapat tenggelam ke dasar laut dan terakumulasi di area dengan arus yang lebih lambat, seperti

cekungan atau di sekitar terumbu karang. Ini menciptakan konsentrasi sampah yang tinggi di lokasi-lokasi tertentu dan dapat merusak ekosistem dasar laut. Misalnya, jaring ikan yang terbuang dapat terjatuh di terumbu karang, merusak struktur karang dan mengancam kehidupan laut.

Mikroplastik, yang merupakan partikel plastik dengan ukuran sangat kecil, juga menunjukkan pola interaksi yang unik dengan lingkungan laut. Karena ukurannya yang kecil, mikroplastik dapat tersebar luas di seluruh lautan dan sering kali terakumulasi di area dengan arus yang lambat, seperti gyres atau daerah dengan sirkulasi yang stagnan. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat membentuk "pulau-pulau" kecil di lautan, yang menciptakan konsentrasi tinggi dari partikel plastik kecil yang dapat membahayakan kehidupan laut. Mikroplastik ini tidak hanya terakumulasi di permukaan laut tetapi juga dapat terdistribusi di berbagai lapisan laut. Partikel mikroplastik sering ditemukan dalam lapisan permukaan laut dan di kedalaman yang lebih dalam, di mana arus dan proses pelapukan dapat membawanya ke berbagai kedalaman. Proses ini dapat mengakibatkan pencemaran yang luas dan mendalam, yang mempengaruhi organisme laut dari plankton hingga mamalia laut.

Interaksi sampah dengan lingkungan laut juga mempengaruhi dampaknya terhadap ekosistem. Sampah yang terdegradasi, seperti plastik yang mengalami fotodegradasi, dapat melepaskan bahan kimia berbahaya ke dalam air, yang berpotensi meracuni organisme laut dan mengganggu rantai makanan. Bahan kimia ini dapat meresap ke dalam tubuh organisme melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi, yang dapat mengakibatkan efek kesehatan yang serius pada ikan dan mamalia laut. Sampah organik, seperti bahan makanan, dapat mengalami proses pembusukan di lingkungan laut, menghasilkan zat-zat yang dapat mempengaruhi kualitas air dan pertumbuhan alga. Proses pembusukan ini dapat memicu ledakan alga yang berlebihan, yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan merusak habitat laut. Dengan demikian, interaksi sampah dengan lingkungan laut tidak hanya mempengaruhi distribusi sampah tetapi juga memiliki dampak langsung pada ekosistem laut dan kualitas air.

C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Distribusi

Distribusi sampah laut dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik dan manusiawi yang kompleks. Faktor-faktor ini termasuk arus laut, gelombang dan angin, aktivitas manusia, perubahan iklim, serta interaksi antara sampah dan lingkungan laut. Memahami faktor-faktor ini penting untuk mengidentifikasi pola distribusi dan merancang strategi pengelolaan sampah yang efektif.

1. Arus Laut

a. Arus Permukaan

Arus permukaan berperan krusial dalam pergerakan dan distribusi sampah laut. Arus ini, yang terutama dihasilkan oleh angin yang mengalir di lapisan atas lautan, dapat memindahkan sampah dari sumbernya ke lokasi yang sangat berbeda. Menurut Levitus et al. (2012), arus permukaan memiliki kecepatan yang bervariasi, yang mempengaruhi seberapa jauh sampah dapat dipindahkan sebelum akhirnya terakumulasi. Kecepatan dan arah arus permukaan sangat dipengaruhi oleh pola atmosfer global, termasuk sistem tekanan tinggi dan rendah, serta variasi suhu permukaan laut.

Pada praktiknya, arus permukaan dapat membawa sampah dari daerah pantai ke laut terbuka dan sebaliknya. Sebagai contoh, ketika sampah dibuang ke laut di dekat pantai, arus permukaan dapat mengangkut sampah ini jauh dari sumbernya, menciptakan pola distribusi yang luas dan sering kali tidak terduga. Arus yang kuat memiliki kemampuan untuk membawa sampah dalam jarak yang sangat jauh, sedangkan arus yang lebih lemah mungkin hanya memindahkan sampah dalam jarak yang relatif pendek. Ini mengakibatkan adanya konsentrasi sampah di area tertentu, terutama di zona akumulasi seperti gyres.

Gyres adalah salah satu contoh area di mana arus permukaan berperan penting dalam akumulasi sampah. Di gyres, arus permukaan membentuk sirkulasi besar yang mengarah ke pusat-pusat akumulasi, seperti *Great Pacific Garbage Patch*. Di sini, sampah yang dibawa oleh arus permukaan terjebak di pusat gyre dan membentuk konsentrasi

tinggi dari material plastik dan sampah lainnya. Fenomena ini menunjukkan bagaimana arus permukaan dapat menciptakan zona dengan kepadatan sampah yang sangat tinggi.

b. Arus Dalam

Arus dalam, atau sirkulasi termohalin, memiliki peran penting dalam distribusi sampah laut, terutama di kedalaman laut. Berbeda dengan arus permukaan yang dipengaruhi oleh angin, arus dalam dipengaruhi oleh perbedaan suhu dan salinitas air. Fenomena ini menciptakan arus yang bergerak lambat namun dengan jangkauan yang sangat luas. Arus dalam dapat mengangkut sampah dari permukaan laut ke kedalaman yang sangat dalam, mempengaruhi pola distribusi sampah di berbagai lapisan laut.

Sirkulasi termohalin ini terlibat dalam proses yang dikenal sebagai "sirkulasi global" atau "sirkulasi conveyor belt," yang menghubungkan berbagai lapisan laut di seluruh dunia. Arus dalam bergerak melalui samudera dengan membawa massa air yang besar, termasuk sampah yang mungkin terjebak dalam arus ini. Sebagai contoh, sampah yang tenggelam di permukaan laut dapat terseret oleh arus dalam ke kedalaman yang jauh, di mana ia mungkin terakumulasi atau tersebar di sepanjang rute arus.

Kehadiran sampah di kedalaman laut dapat mempengaruhi ekosistem laut yang berbeda dari yang ada di permukaan. Sampah yang tenggelam dapat mempengaruhi organisme yang hidup di lapisan-lapisan bawah laut, seperti ikan dan invertebrata yang berada di kedalaman tersebut. Selain itu, arus dalam juga berpotensi untuk membawa sampah ke zona yang sulit diakses untuk pembersihan, seperti zona pelagis dalam atau palung laut yang dalam.

2. Gelombang dan Badai

a. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan yang dihasilkan oleh angin berperan signifikan dalam pergerakan sampah di permukaan laut. Gelombang ini, yang dihasilkan dari gesekan angin dengan permukaan laut, dapat mengangkat dan memindahkan sampah ringan seperti kantong plastik, botol, dan styrofoam.

Gelombang permukaan berfungsi sebagai mekanisme transportasi utama untuk sampah laut, terutama bahan-bahan yang kurang berat yang cenderung mengapung. Gelombang ini dapat mendorong sampah ke arah yang berbeda dari sumbernya, mengakibatkan penyebaran yang tidak teratur di permukaan laut.

Gelombang yang kuat, seperti yang dihasilkan oleh angin kencang atau badai, dapat menyebabkan penyebaran sampah yang lebih luas dan lebih cepat. Dalam kondisi ini, sampah bisa terlempar jauh dari pantai atau bahkan dibawa ke area terbuka di lautan. Gelombang yang kuat sering kali mengakibatkan pencemaran yang lebih besar di daerah-daerah yang tidak dapat dijangkau dengan mudah, memperluas jangkauan sampah laut ke lokasi yang lebih terpencil.

Gelombang yang lemah mungkin tidak mempengaruhi distribusi sampah secara signifikan. Dalam kondisi gelombang yang tenang, sampah mungkin hanya bergerak dalam jarak dekat atau tetap mengapung di area tertentu di permukaan laut. Hal ini dapat menyebabkan akumulasi sampah di daerah-daerah tertentu di laut, menciptakan "hotspots" pencemaran yang perlu diperhatikan untuk upaya pembersihan.

b. Badai dan Tsunami

Badai besar dan tsunami berperan penting dalam mengubah pola distribusi sampah laut dengan dampak yang sangat signifikan. Badai, dengan kekuatan angin yang tinggi dan gelombang besar, dapat menggerakkan sampah dari pantai ke laut terbuka atau sebaliknya. Ketika badai terjadi, sampah yang berada di area pesisir atau di permukaan laut dapat terangkat dan dipindahkan ke lokasi yang sangat jauh dari sumbernya. Badai dapat menyebabkan penyebaran sampah yang luas dan tidak teratur, dengan pencemaran yang meningkat di area yang sebelumnya tidak terpengaruh. Selain itu, badai juga dapat memindahkan sampah yang lebih berat dan besar dari pantai ke laut terbuka, menambah tantangan dalam upaya pembersihan.

Tsunami, yang dihasilkan oleh aktivitas seismik seperti gempa bumi, memiliki dampak yang sangat besar pada distribusi sampah. Gelombang tsunami dapat membawa sejumlah besar sampah dari daratan ke lautan dalam satu waktu,

menciptakan akumulasi sampah yang besar di area yang sebelumnya tidak terjangkau. Tsunami dapat mengakibatkan pencemaran yang masif, dengan sampah dari pantai dan daratan terdorong ke kedalaman laut atau ke lokasi-lokasi baru yang jauh dari sumbernya.

Kedua fenomena ini tidak hanya meningkatkan jumlah sampah di laut tetapi juga mengubah pola distribusinya secara drastis. Misalnya, sampah yang diangkut oleh tsunami mungkin berakhir di daerah-daerah dengan arus yang lebih lambat, menciptakan akumulasi baru di area tersebut. Selain itu, badai dapat menciptakan pola distribusi yang berbeda, dengan sampah tersebar di beberapa lokasi yang berbeda dari area asalnya.

3. Angin

a. Pengaruh Angin Permukaan

Angin permukaan berperan penting dalam distribusi sampah laut, terutama untuk sampah yang lebih ringan seperti plastik dan botol. Angin yang bertiup di permukaan laut dapat mendorong sampah dari satu tempat ke tempat lain, menciptakan pola distribusi yang tidak merata dan sering kali sulit diprediksi. Menurut Eriksen et al. (2013), kekuatan dan arah angin mempengaruhi sejauh mana sampah dapat bergerak dan menyebar di permukaan laut.

Ketika angin bertiup kencang, ia dapat memindahkan sampah dalam jarak yang jauh, menjadikannya lebih mungkin untuk menyebar ke area yang lebih luas. Sampah yang lebih ringan, seperti kantong plastik dan styrofoam, sangat rentan terhadap pergerakan angin. Dengan demikian, angin dapat menciptakan pola distribusi yang sangat berbeda dari lokasi awal sampah. Misalnya, angin dari arah barat dapat mendorong sampah ke arah timur, mempengaruhi distribusi sampah di sepanjang pantai dan di lautan terbuka.

Pada saat yang sama, variasi dalam kekuatan angin dapat menghasilkan pola distribusi yang berbeda. Angin yang lebih lemah mungkin hanya menyebabkan pergerakan sampah dalam jarak dekat, sementara angin yang lebih kuat dapat menggeser sampah lebih jauh dan lebih cepat. Oleh karena itu, angin

memiliki kemampuan untuk mengubah pola distribusi sampah laut secara signifikan, tergantung pada intensitas dan arah tiupan angin.

b. Pola Angin Musiman

Pola angin musiman memiliki dampak signifikan pada distribusi sampah laut, mempengaruhi bagaimana dan di mana sampah terkumpul di lautan. Variasi musiman dalam kekuatan dan arah angin dapat menyebabkan perubahan besar dalam pola pergerakan sampah. Perubahan musiman dalam pola angin dapat menciptakan pola distribusi sampah yang berbeda sepanjang tahun.

Selama musim tertentu, seperti musim monsun atau musim dingin, pola angin dapat berubah secara drastis, mengubah cara sampah dipindahkan di lautan. Misalnya, pada musim hujan, angin mungkin membawa sampah dari darat ke lautan, sementara pada musim kering, angin mungkin mengarahkan sampah yang sudah ada di laut ke pantai atau daerah tertentu. Perubahan ini dapat menyebabkan pergeseran dalam lokasi akumulasi sampah, menciptakan zona-zona akumulasi yang berbeda dari satu musim ke musim berikutnya.

Selama periode tertentu dalam setahun, kekuatan angin yang lebih besar atau arah angin yang berubah dapat mempercepat penyebaran sampah di permukaan laut. Ini berarti bahwa daerah-daerah yang sebelumnya tidak terpengaruh oleh pencemaran mungkin mengalami peningkatan akumulasi sampah akibat perubahan musiman. Misalnya, pada musim tertentu, arus yang dipengaruhi oleh pola angin musiman dapat membawa sampah dari daerah tropis ke area yang lebih dingin, atau sebaliknya.

4. Aktivitas Manusia

a. Pembuangan Sampah dari Kapal

Pembuangan sampah dari kapal merupakan salah satu sumber utama pencemaran laut yang berdampak signifikan pada distribusi sampah di lautan. Aktivitas ini mencakup pembuangan berbagai jenis sampah, mulai dari peralatan perikanan yang hilang hingga limbah rumah tangga yang dibuang oleh kru kapal. Menurut Macfadyen et al. (2009),

sampah yang dibuang dari kapal sering ditemukan mengapung di lautan, dan ini berkontribusi secara signifikan pada pencemaran lingkungan laut.

Sampah dari kapal dapat terbagi dalam beberapa kategori, termasuk sampah plastik, logam, dan bahan organik. Beberapa jenis sampah, seperti peralatan perikanan yang hilang, dapat terus mengapung di lautan selama bertahun-tahun, mempengaruhi ekosistem laut dan membahayakan kehidupan laut. Sampah plastik dari kapal, seperti kantong dan botol, dapat terurai menjadi mikroplastik, yang kemudian tersebar di seluruh lautan dan mempengaruhi berbagai organisme laut melalui konsumsi.

Akumulasi sampah dari kapal sering terjadi di area tertentu, terutama di jalur pelayaran internasional yang padat. Jalur-jalur ini menjadi titik pengumpulan utama karena volume lalu lintas kapal yang tinggi. Selain itu, kapal-kapal yang tidak mematuhi regulasi lingkungan dapat berkontribusi pada pencemaran yang lebih besar, meninggalkan sampah di laut yang tidak hanya mengganggu keindahan pantai tetapi juga membahayakan ekosistem dan kesehatan manusia.

b. Pengelolaan Limbah di Pantai

Pengelolaan limbah di pantai berperan penting dalam menentukan sejauh mana sampah dapat memasuki lautan dan menyebar ke area yang lebih luas. Ketika sampah dibuang sembarangan di pantai atau terbawa oleh aliran sungai, ia berisiko memasuki lautan dan berkontribusi pada pencemaran laut. Sistem pengelolaan limbah yang tidak memadai di darat dapat mempengaruhi distribusi sampah laut secara signifikan, menciptakan masalah pencemaran di berbagai lokasi.

Sampah yang dibuang di pantai atau terakumulasi di dekat aliran sungai dapat terangkut ke laut oleh arus dan aliran air. Ini sering terjadi ketika limbah tidak dikelola dengan baik, misalnya, jika ada kekurangan fasilitas pengumpulan sampah atau pemrosesan limbah di daerah pesisir. Sampah yang terakumulasi di pantai, termasuk plastik, logam, dan bahan organik, sering kali dibawa oleh arus sungai menuju laut, memperburuk masalah pencemaran.

Pengelolaan limbah yang buruk di pantai tidak hanya menyebabkan pencemaran lokal tetapi juga berkontribusi pada akumulasi sampah di lautan terbuka. Sampah yang terkumpul di pantai dan dibawa ke laut dapat menyebar ke daerah yang jauh dari sumbernya, mempengaruhi ekosistem laut dan mengancam kehidupan laut. Penurunan kualitas air dan kerusakan habitat laut adalah beberapa dampak dari pengelolaan limbah yang tidak efektif.

5. Perubahan Iklim

a. Peningkatan Suhu Laut

Peningkatan suhu laut sebagai akibat dari perubahan iklim memiliki dampak signifikan pada distribusi sampah laut, dengan mempengaruhi berbagai aspek arus dan sirkulasi laut. Suhu laut yang lebih tinggi dapat mempengaruhi densitas air laut, yang pada gilirannya mengubah pola arus permukaan dan arus dalam. Perubahan ini dapat memodifikasi cara sampah didistribusikan di lautan. Menurut Shukla et al. (2019), suhu laut yang lebih tinggi dapat mengakibatkan perubahan dalam pola sirkulasi laut, mempengaruhi pergerakan dan akumulasi sampah di berbagai bagian lautan.

Sebagai contoh, arus permukaan yang lebih hangat dapat membawa sampah dari wilayah pesisir ke laut terbuka dengan cara yang berbeda dibandingkan dengan arus yang lebih dingin. Perubahan dalam arus ini dapat menyebabkan sampah terakumulasi di area yang tidak biasa, seperti gyres atau zona akumulasi yang baru terbentuk. Ini dapat mempengaruhi pola distribusi sampah, meningkatkan pencemaran di area tertentu yang sebelumnya tidak terdampak.

Suhu laut yang meningkat dapat mempengaruhi stabilitas mikroplastik di lautan. Mikroplastik, yang merupakan hasil degradasi plastik besar, dapat lebih mudah terdispersi dan bergerak dengan arus ketika suhu laut tinggi. Hal ini berpotensi meningkatkan penyebaran mikroplastik ke berbagai ekosistem laut, yang berdampak negatif pada organisme laut dan dapat menyebabkan akumulasi mikroplastik di wilayah yang luas.

b. Peningkatan Frekuensi Badai

Peningkatan frekuensi badai sebagai dampak perubahan iklim memiliki implikasi besar terhadap distribusi sampah laut. Badai yang lebih sering dan lebih kuat dapat secara dramatis mempengaruhi cara sampah dipindahkan dan terakumulasi di lautan. Menurut Mora et al. (2018), perubahan iklim berkontribusi pada peningkatan kejadian peristiwa cuaca ekstrem, termasuk badai yang lebih intens dan sering terjadi. Badai-badai ini memiliki potensi untuk mengubah pola distribusi sampah laut dengan cara yang signifikan.

Badai yang kuat dapat mengangkat dan memindahkan sampah dari pantai ke laut terbuka, atau sebaliknya, tergantung pada arah dan kekuatan badai. Hal ini sering mengakibatkan perpindahan sampah dalam skala besar, membawa material dari wilayah yang tidak terpengaruh sebelumnya ke area yang baru. Peningkatan kekuatan badai juga dapat menyebabkan sampah terdampar di lokasi-lokasi yang sebelumnya tidak terjangkau, menciptakan akumulasi di area-area baru dan menambah tantangan dalam upaya pembersihan.

Badai dapat mengakibatkan pencemaran yang lebih luas dengan mengumpulkan dan mendistribusikan sampah yang telah terdegradasi atau terfragmentasi. Proses ini dapat meningkatkan konsentrasi sampah di area tertentu dan memperluas penyebaran material yang mencemari, seperti plastik dan mikroplastik. Penelitian menunjukkan bahwa badai dapat menyebabkan perubahan besar dalam pola distribusi sampah, dengan memindahkan sampah ke area yang mungkin tidak memiliki infrastruktur pembersihan yang memadai.



BAB VI

DAMPAK EKOLOGIS SAMPAH LAUT

Sampah laut memberikan dampak yang mendalam terhadap ekosistem laut, mempengaruhi proses ekologis penting dan struktur ekosistem. BAB VI dari buku ini membahas secara rinci berbagai dampak ekologis yang ditimbulkan oleh sampah laut, dengan fokus pada bagaimana sampah plastik dan bahan lainnya memengaruhi fungsi ekosistem laut. Sampah laut mengganggu daur ulang nutrisi, memengaruhi produktivitas primer, dan mengubah siklus biogeokimia, semua hal yang esensial untuk kesehatan ekosistem laut yang berkelanjutan.

Gangguan pada daur ulang nutrisi merupakan salah satu dampak utama sampah laut. Plastik dan mikroplastik dapat mengubah komposisi kimia lingkungan laut, menghambat proses biologis yang penting bagi siklus nutrisi. Ini berdampak langsung pada produktivitas primer, yaitu proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tanaman lamun, yang merupakan dasar rantai makanan laut. Penurunan produktivitas primer dapat mengurangi biomassa dan kesehatan ekosistem secara keseluruhan.

A. Dampak pada Ekosistem Laut

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan dan beragam pada ekosistem laut, memengaruhi kesehatan dan keseimbangan lingkungan maritim. Dampak ini mencakup kerusakan habitat, ancaman bagi fauna laut, dan perubahan dalam rantai makanan. Sampah laut, terutama plastik, dapat menyebabkan kerusakan jangka panjang pada ekosistem laut yang kompleks.

1. Kerusakan Habitat

Sampah laut memiliki dampak yang sangat merusak pada berbagai habitat laut, mengancam keseimbangan ekosistem dan keberagaman hayati. Salah satu ekosistem yang paling terpengaruh adalah terumbu karang. Terumbu karang dikenal sebagai salah satu ekosistem laut yang paling produktif dan biodiverse, menyediakan habitat penting bagi ribuan spesies ikan dan organisme laut lainnya. Namun, ketika sampah laut, seperti plastik dan puing-puing, tenggelam atau mengapung, sering kali terjebak di antara struktur karang. Hal ini menghambat pertumbuhan dan fotosintesis karang yang vital untuk kelangsungan hidup (Nama et al., 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa plastik yang menempel pada karang dapat menyebabkan abrasi pada struktur karang. Abrasi ini merusak lapisan luar karang yang sensitif, mengganggu kemampuan karang untuk membangun struktur terumbu yang sehat. Selain itu, penumpukan sampah pada terumbu karang dapat mengubah komposisi komunitas terumbu karang dengan mengurangi keberagaman spesies yang hidup di dalamnya. Gangguan ini berdampak pada seluruh ekosistem terumbu karang, mempengaruhi spesies ikan dan organisme lain yang bergantung pada lingkungan tersebut sebagai tempat berlindung dan sumber makanan.

Dampak sampah laut tidak hanya terbatas pada terumbu karang, tetapi juga merambah ke habitat pesisir seperti hutan bakau dan padang lamun. Hutan bakau, dengan akar-akarnya yang menembus tanah berlumpur, berfungsi sebagai penyaring alami dan pelindung garis pantai. Namun, sampah yang terakumulasi di area ini dapat mengubah struktur fisik habitat tersebut, seperti menyumbat saluran air. Penumpukan sampah plastik dan bahan lainnya dapat mengurangi aliran air dan merusak kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman bakau. Hal ini tidak hanya mengancam keberlangsungan ekosistem bakau, tetapi juga mengganggu proses ekologis yang penting.

Di padang lamun, yang merupakan habitat penting bagi berbagai spesies laut seperti penyu dan ikan kecil, sampah laut juga memiliki dampak yang signifikan. Plastik dan sampah lainnya yang terakumulasi di padang lamun dapat merusak akar tanaman lamun, yang berperan dalam menjaga stabilitas sedimen dan menyediakan nutrisi untuk ekosistem laut. Kerusakan pada akar tanaman lamun mengganggu proses fotosintesis yang krusial bagi kesehatan ekosistem padang lamun. Selain

itu, penurunan kualitas habitat padang lamun dapat mengurangi dukungan bagi spesies laut yang bergantung pada lingkungan tersebut untuk berlindung dan mencari makan.

Kerusakan habitat yang disebabkan oleh sampah laut juga memiliki implikasi lebih luas bagi ekosistem pesisir dan laut secara keseluruhan. Habitat yang terganggu dapat mengakibatkan penurunan kualitas air, mengurangi keberagaman spesies, dan mempengaruhi fungsi ekosistem seperti perlindungan pantai dan penyediaan makanan. Misalnya, terumbu karang yang rusak tidak hanya mengurangi keragaman spesies, tetapi juga mengurangi kemampuannya untuk melindungi pantai dari erosi, yang penting untuk melindungi komunitas pesisir dari kerusakan akibat gelombang dan badai.

Untuk mengatasi dampak kerusakan habitat akibat sampah laut, penting untuk melakukan tindakan yang efektif dalam pengelolaan sampah dan konservasi lingkungan. Upaya pembersihan sampah, pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, dan peningkatan kesadaran masyarakat dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang masuk ke lautan dan mengurangi dampaknya pada habitat laut. Selain itu, perlindungan dan pemulihan habitat penting seperti terumbu karang, hutan bakau, dan padang lamun harus menjadi prioritas untuk memastikan kesehatan dan keberlanjutan ekosistem laut.

2. Ancaman bagi Fauna Laut

Sampah laut, terutama plastik, telah menjadi salah satu ancaman terbesar bagi fauna laut di seluruh dunia. Plastik yang mencemari lautan dapat berdampak buruk pada berbagai spesies laut, dari burung laut hingga mamalia laut seperti penyu dan ikan paus. Masalah ini terutama timbul karena plastik yang terbuang sering kali masuk ke dalam tubuh spesies laut, baik melalui konsumsi langsung atau melalui rantai makanan. Gall dan Thompson (2015) menunjukkan bahwa konsumsi plastik oleh spesies laut dapat menyebabkan kerusakan internal, gangguan sistem pencernaan, dan berpotensi mengakibatkan kematian. Plastik yang ditemukan di lautan sering kali berbentuk potongan kecil yang dikenal sebagai mikroplastik, atau dalam bentuk benda yang lebih besar seperti kantong plastik dan botol. Mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh spesies laut melalui proses filtrasi atau konsumsi. Dalam kasus ikan dan organisme bentik, plastik sering tertelan secara tidak sengaja saat mencari makan. Plastik yang tertelan ini dapat menyebabkan

iritasi pada saluran pencernaan, mengganggu penyerapan nutrisi, dan mengakibatkan gangguan kesehatan yang serius.

Penyu laut, salah satu spesies yang sangat terpengaruh oleh sampah plastik, sering kali menelan plastik yang dianggap sebagai makanan. Plastik seperti kantong dan baling-baling sering terlihat di pantai sebagai bagian dari makanan yang dikonsumsi oleh penyu. Plastik yang tertelan oleh penyu dapat menyebabkan penyumbatan usus, infeksi, dan akhirnya kematian akibat masalah pencernaan. Penyumbatan usus ini dapat mengganggu kemampuan penyu untuk makan dan mencerna makanan secara efektif, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kelaparan dan penurunan kesehatan. Selain penyu, ikan paus juga mengalami dampak serupa dari sampah plastik. Ikan paus, yang memfilter makanan dari air, sering kali menelan plastik yang terjebak dalam aliran makanan. Plastik ini dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius, seperti gangguan pencernaan dan penyumbatan, yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup. Konsumsi plastik oleh ikan paus dapat mengganggu proses makan dan mengurangi efisiensi dalam mencari makanan, yang dapat berdampak pada kesehatan keseluruhan dan populasi spesies ini.

Plastik yang mengandung bahan kimia berbahaya juga dapat mempengaruhi kesehatan spesies laut melalui kontaminasi kimia. Plastik dapat menyerap dan melepaskan bahan kimia beracun, seperti pestisida dan logam berat, yang dapat memasuki rantai makanan laut dan mengakumulasi dalam tubuh spesies laut. Kontaminasi kimia ini dapat menyebabkan efek kesehatan jangka panjang pada spesies laut, termasuk gangguan reproduksi, kanker, dan penurunan daya tahan tubuh. Dampak dari pencemaran plastik pada fauna laut membahas perlunya tindakan pencegahan yang lebih efektif untuk mengurangi jumlah plastik yang memasuki lautan. Upaya untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, meningkatkan daur ulang, dan meningkatkan kesadaran publik mengenai dampak pencemaran plastik sangat penting. Selain itu, perlu ada kebijakan yang lebih ketat dan penegakan hukum untuk mencegah pembuangan plastik yang tidak benar.

3. Perubahan dalam Rantai Makanan

Sampah laut, terutama mikroplastik, dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam rantai makanan laut, dengan implikasi yang luas bagi kesehatan ekosistem dan manusia. Mikroplastik, partikel

plastik kecil yang dihasilkan dari degradasi plastik yang lebih besar, sering kali tertelan oleh organisme laut kecil seperti krustasea, plankton, dan moluska. Proses ini dimulai ketika mikroplastik terdistribusi di perairan laut dan diambil oleh organisme yang berada di dasar rantai makanan. Cole et al. (2013) menunjukkan bahwa konsumsi mikroplastik oleh organisme kecil dapat menyebabkan akumulasi partikel ini di spesies yang lebih besar, termasuk ikan dan mamalia laut.

Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh organisme laut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Mikroplastik ini dapat mengganggu sistem pencernaan, menyebabkan inflamasi, dan mempengaruhi pertumbuhan serta reproduksi organisme laut. Akumulasi mikroplastik dalam jaringan tubuh spesies laut dapat menyebabkan perubahan fisiologis dan perilaku yang merugikan, seperti penurunan nafsu makan, penurunan aktivitas predator, dan pengaruh negatif terhadap kelangsungan hidup. Dampak ini dapat memperburuk ketidakseimbangan ekosistem laut dan mempengaruhi stabilitas rantai makanan.

Ketika mikroplastik memasuki rantai makanan, dampaknya meluas dari spesies laut kecil hingga spesies besar, termasuk ikan konsumsi manusia. Ikan yang memakan organisme laut kecil yang telah terkontaminasi mikroplastik dapat mengakumulasi partikel ini dalam tubuh. Sebagai akibatnya, ikan yang lebih besar, termasuk spesies yang menjadi sumber makanan utama bagi manusia, juga bisa mengandung mikroplastik. Akumulasi mikroplastik ini dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan ikan dan mengurangi produktivitas spesies laut yang penting bagi ekonomi perikanan.

Pentingnya memahami perubahan dalam rantai makanan laut tidak hanya terbatas pada kesehatan ekosistem laut tetapi juga pada kesehatan manusia. Bahan kimia berbahaya yang terkandung dalam mikroplastik, seperti poliklorinasi bifenil (PCB) dan pestisida, dapat terakumulasi dalam jaringan ikan dan produk laut. Ketika manusia mengonsumsi ikan dan produk laut yang terkontaminasi mikroplastik, bahan kimia berbahaya ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia, berpotensi menyebabkan risiko kesehatan jangka panjang seperti gangguan hormonal, masalah reproduksi, dan kanker.

Penelitian menunjukkan bahwa dampak sampah laut pada rantai makanan dapat mengganggu ekosistem secara keseluruhan, termasuk produktivitas biologis dan keseimbangan spesies. Perubahan dalam

komposisi komunitas laut dapat mempengaruhi fungsi ekosistem, seperti kemampuan ekosistem laut untuk menyediakan layanan ekosistem yang penting seperti pembersihan air, perlindungan pantai, dan penyediaan makanan. Dengan demikian, penting untuk mengidentifikasi dan memitigasi sumber pencemaran plastik untuk menjaga kesehatan dan keberlanjutan ekosistem laut.

B. Dampak pada Keanekaragaman Hayati Laut

Sampah laut memberikan dampak yang signifikan terhadap keanekaragaman hayati laut. Kerusakan ini mencakup pengurangan spesies, perubahan ekosistem, dan gangguan pada interaksi spesies. Untuk memahami dampak ini secara mendalam, penting untuk mengidentifikasi bagaimana sampah laut mempengaruhi berbagai tingkat keanekaragaman hayati, mulai dari mikroorganisme hingga mamalia laut besar.

1. Dampak pada Spesies Individu

Sampah laut, terutama plastik, berdampak signifikan pada spesies individu di ekosistem laut melalui berbagai mekanisme. Plastik sering kali tertelan oleh berbagai spesies laut, yang menganggapnya sebagai makanan. Hal ini terjadi karena plastik, dengan berbagai bentuk dan warna, sering kali mirip dengan makanan alami seperti medusa atau ikan kecil. Penyu laut, misalnya, sering kali menelan plastik karena tampaknya mirip dengan medusa yang menjadi bagian dari diet. Plastik yang tertelan dapat menyebabkan penyumbatan usus pada penyu, yang dapat mengakibatkan kematian jika tidak ditangani dengan cepat. Sama halnya, ikan dan burung laut juga mengalami masalah serupa ketika plastik tersangkut di sistem pencernaan, menyebabkan gangguan kesehatan yang serius.

Konsumsi plastik dapat menyebabkan keracunan kimia. Plastik sering mengandung bahan kimia berbahaya, seperti poliklorinasi bifenil (PCB) dan pestisida, yang dapat lepas ke dalam tubuh spesies laut saat plastik dikonsumsi. Mikroplastik, yang merupakan potongan plastik yang sangat kecil, sering kali mengandung bahan kimia berbahaya dan dapat menyebar melalui rantai makanan. Rakib et al. (2023) menunjukkan bahwa akumulasi mikroplastik dalam tubuh spesies laut dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi racun dalam jaringan tubuh

spesies yang lebih besar. Racun ini dapat menurunkan kesehatan spesies, mengganggu sistem endokrin, dan menurunkan tingkat reproduksi.

Dampak kesehatan akibat konsumsi plastik tidak terbatas pada masalah pencernaan atau keracunan. Plastik yang tertelan dapat mengganggu fungsi organ dan sistem metabolisme spesies laut. Misalnya, ikan yang mengonsumsi plastik dapat mengalami penurunan nafsu makan, gangguan pertumbuhan, dan penurunan kemampuan untuk bertahan hidup di lingkungan yang kompetitif. Eriksen et al. (2013) mencatat bahwa spesies ikan yang mengonsumsi plastik mengalami masalah pencernaan seperti penyumbatan usus, serta gangguan kimia yang dapat mengganggu sistem metabolisme. Dampak ini dapat menyebabkan penurunan populasi dan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan.

Kontaminasi kimia dari plastik juga mempengaruhi kemampuan spesies untuk berkembang biak dan bertahan hidup. Beberapa bahan kimia berbahaya dalam plastik dapat mengganggu sistem reproduksi spesies laut, mengakibatkan penurunan tingkat kelahiran dan keberhasilan reproduksi. Pengaruh ini dapat menyebabkan perubahan jangka panjang dalam struktur populasi spesies dan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Penurunan tingkat reproduksi dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam rantai makanan dan mengurangi keberagaman spesies di lingkungan laut.

Masalah ini juga memiliki implikasi bagi kesehatan ekosistem laut secara keseluruhan. Jika spesies kunci, seperti ikan dan penyu, terganggu oleh sampah laut, dampaknya dapat menyebar ke spesies lain yang bergantung padanya dalam rantai makanan. Penurunan populasi spesies penting ini dapat mengubah struktur komunitas laut, mempengaruhi keseimbangan ekosistem, dan mempengaruhi fungsi ekosistem yang penting seperti penyediaan makanan dan perlindungan habitat.

2. Dampak pada Struktur dan Fungsi Ekosistem

Sampah laut memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem laut melalui berbagai mekanisme yang kompleks. Salah satu dampak terbesar terlihat pada terumbu karang, habitat laut yang sangat produktif dan bermanfaat. Terumbu karang dapat mengalami kerusakan mekanis akibat sampah yang menempel pada struktur karang. Plastik dan puing-puing lainnya yang mengapung atau tenggelam sering kali menempel

pada karang, mengganggu pertumbuhan dan fotosintesis karang. Sampah plastik dapat menghambat pertumbuhan dan reproduksi karang dengan cara yang merusak, mengurangi area permukaan yang tersedia untuk fotosintesis dan menyebabkan abrasi pada struktur karang. Akibatnya, kerusakan pada terumbu karang mengarah pada penurunan keberagaman spesies yang bergantung pada habitat tersebut, seperti ikan karang dan invertebrata, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi seluruh ekosistem terumbu karang.

Padang lamun, habitat laut lainnya yang sangat penting, juga mengalami dampak signifikan akibat sampah laut. Sampah yang terakumulasi di padang lamun dapat merusak akar tanaman lamun dan mengganggu proses fotosintesis. Akumulasi sampah dapat mengurangi kepadatan dan biomassa tanaman lamun, yang sangat penting untuk menyediakan perlindungan dan tempat berkembang biak bagi banyak spesies laut. Tanaman lamun yang sehat berfungsi sebagai habitat penting bagi spesies ikan dan krustasea, dan kerusakan pada padang lamun dapat mempengaruhi keberadaan spesies yang bergantung padanya.

Sampah laut juga dapat menyebabkan perubahan dalam struktur komunitas spesies di berbagai habitat laut. Pengenalan spesies invasif melalui sampah laut adalah salah satu contohnya. Sampah yang mengapung sering kali menjadi sarana penyebaran bagi spesies invasif seperti alga atau organisme laut lainnya. Alga invasif yang menempel pada sampah laut dapat mengubah komposisi spesies asli, menggantikan spesies lokal dan mengubah keseimbangan ekosistem. Perubahan ini dapat mempengaruhi fungsi ekosistem, termasuk proses ekologis seperti daur ulang nutrisi dan produktivitas primer.

Dampak pada struktur komunitas spesies juga dapat mempengaruhi fungsi ekosistem secara keseluruhan. Misalnya, pengurangan keanekaragaman spesies di terumbu karang dan padang lamun dapat mengurangi efisiensi ekosistem dalam hal penyediaan layanan ekosistem, seperti perlindungan pantai, penyerapan karbon, dan daur ulang nutrisi. Terumbu karang yang sehat berfungsi sebagai pelindung pantai dari erosi dan badai, sedangkan padang lamun membantu menyaring partikel dan polutan dari air serta menyediakan habitat bagi spesies penting. Kerusakan pada habitat ini dapat menyebabkan penurunan layanan ekosistem yang penting dan mengurangi kemampuan ekosistem untuk berfungsi secara optimal.

3. Upaya Pemulihan dan Mitigasi

Upaya untuk memulihkan dan mengurangi dampak sampah laut pada keanekaragaman hayati laut memerlukan pendekatan yang terintegrasi dan multifaset. Salah satu strategi utama adalah pelaksanaan program pembersihan laut yang dirancang untuk mengurangi akumulasi sampah di lautan. Pembersihan ini melibatkan penggunaan teknologi canggih, seperti jaring pengumpul sampah yang dapat menyaring plastik dari air laut, serta inisiatif komunitas yang menyelenggarakan pembersihan pantai dan perairan. Penelitian oleh Jambeck et al. (2015) menekankan pentingnya teknologi pembersihan yang efektif dan berkelanjutan untuk mengurangi beban sampah di lautan dan melindungi keanekaragaman hayati laut.

Pengurangan penggunaan plastik sekali pakai merupakan langkah penting lainnya dalam mitigasi sampah laut. Plastik sekali pakai, seperti kantong belanja, botol air, dan wadah makanan, sering kali berakhir sebagai sampah laut dan menimbulkan dampak besar pada lingkungan laut. Untuk mengatasi masalah ini, kebijakan pengurangan penggunaan plastik dan promosi alternatif ramah lingkungan harus diterapkan. Misalnya, pengenalan undang-undang yang membatasi penggunaan plastik sekali pakai dan memberikan insentif untuk penggunaan bahan alternatif dapat membantu mengurangi jumlah plastik yang masuk ke lautan. Upaya ini harus didukung oleh industri dan masyarakat melalui adopsi praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pengelolaan limbah yang lebih baik juga sangat penting untuk mengurangi dampak sampah laut. Sistem pengelolaan limbah yang efisien dapat mencegah sampah dari daratan masuk ke lautan. Hal ini mencakup peningkatan infrastruktur pengelolaan limbah, seperti fasilitas daur ulang dan pembuangan sampah yang aman, serta program pendidikan publik tentang pentingnya pemilahan sampah dan daur ulang. Melalui pengelolaan limbah yang lebih baik, dapat mengurangi jumlah sampah yang berakhir di lautan dan mencegah pencemaran lebih lanjut. Pemantauan dan penelitian berkelanjutan tentang dampak sampah laut juga merupakan komponen kunci dari upaya mitigasi. Penelitian ini mencakup pengumpulan data tentang jumlah dan jenis sampah laut, dampaknya terhadap keanekaragaman hayati, serta efektivitas berbagai strategi pembersihan dan mitigasi. Dengan pemantauan yang tepat, kita

dapat mengevaluasi kemajuan upaya mitigasi dan mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian lebih lanjut.

Pengembangan teknologi inovatif untuk pembersihan dan pengelolaan sampah laut juga sangat penting. Teknologi seperti drifters untuk melacak pergerakan sampah dan sistem pemantauan otomatis dapat meningkatkan efisiensi dalam upaya pembersihan dan memberikan data yang lebih akurat tentang distribusi sampah. Teknologi ini harus dikembangkan dan diimplementasikan dalam skala yang lebih besar untuk meningkatkan dampaknya. Selain strategi teknis dan kebijakan, pendidikan dan kesadaran publik berperan penting dalam mendukung upaya konservasi dan mitigasi. Kampanye pendidikan tentang dampak sampah laut dan tindakan yang dapat diambil individu untuk mengurangi sampah plastik dapat membantu membangun dukungan masyarakat untuk inisiatif pengurangan sampah. Kesadaran publik yang tinggi dapat mendorong perubahan perilaku yang lebih ramah lingkungan dan mendukung kebijakan pengelolaan sampah yang lebih ketat.

C. Dampak pada Proses Ekologi Laut

Sampah laut memiliki dampak luas dan mendalam pada proses ekologi laut. Dampak ini mencakup gangguan pada daur ulang nutrisi, perubahan dalam produktivitas primer, gangguan siklus biogeokimia, dan dampak pada interaksi ekologis dalam ekosistem laut. Proses ekologi laut yang terpengaruh meliputi semua aspek fungsi ekosistem, dari siklus nutrisi hingga dinamika rantai makanan.

1. Gangguan pada Daur Ulang Nutrisi

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan terhadap daur ulang nutrisi di ekosistem laut, sebuah proses vital yang mendukung produktivitas primer dan kesehatan keseluruhan lingkungan laut. Daur ulang nutrisi melibatkan siklus elemen-elemen penting seperti karbon, nitrogen, dan fosfor, yang mendukung pertumbuhan organisme laut dan kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Namun, sampah laut, terutama plastik dan mikroplastik, dapat mengganggu proses ini dengan cara yang kompleks dan merugikan (Cózar et al., 2014). Salah satu dampak utama sampah laut adalah kemampuannya untuk mengubah komposisi kimia lingkungan laut. Plastik yang terdegradasi di laut, terutama mikroplastik,

dapat melepaskan bahan kimia berbahaya ke dalam perairan. Bahan kimia ini dapat mempengaruhi keseimbangan pH air dan memengaruhi konsentrasi nutrisi yang tersedia untuk organisme laut. Sebagai contoh, mikroplastik dapat mempengaruhi kemampuan plankton untuk menyerap nutrisi, yang pada gilirannya mempengaruhi produksi biomassa dan kesehatan ekosistem laut.

Plastik yang terdegradasi juga dapat mengganggu aktivitas mikroba dan bakteri yang berperan dalam proses penguraian bahan organik di laut. Mikroba ini berperan penting dalam mendegradasi bahan organik, mengubahnya menjadi bentuk yang dapat digunakan kembali oleh organisme lain. Namun, ketika plastik terdegradasi melepaskan bahan kimia berbahaya, seperti poliklorinasi bifenil (PCB) dan pestisida, bahan kimia ini dapat menghambat aktivitas biologis mikroba dan bakteri, mengurangi efisiensi proses penguraian. Penurunan efisiensi daur ulang nutrisi akibat pengaruh sampah laut dapat memiliki efek cascading pada ekosistem laut. Jika proses penguraian bahan organik terganggu, hasilnya adalah penurunan kualitas habitat dan penurunan produktivitas ekosistem. Organisme yang bergantung pada siklus nutrisi yang sehat, seperti ikan dan spesies lain yang mengandalkan plankton sebagai sumber makanan, dapat mengalami penurunan kesehatan dan kelangsungan hidup.

Di samping dampak pada mikroba dan bakteri, sampah laut juga dapat mempengaruhi kesehatan ekosistem melalui perubahan dalam komposisi komunitas spesies. Mikroplastik dan bahan kimia yang terlepas dari sampah dapat mempengaruhi organisme lain yang terlibat dalam daur ulang nutrisi, seperti alga dan fitoplankton. Perubahan dalam komunitas spesies ini dapat mempengaruhi struktur dan fungsi ekosistem, mengganggu keseimbangan yang mendukung produktivitas dan kesehatan ekosistem. Untuk mengatasi dampak ini, upaya pembersihan laut dan pengelolaan sampah yang lebih baik harus diterapkan untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke lautan. Program pemantauan yang melibatkan pengumpulan data tentang jenis dan jumlah sampah laut dapat membantu dalam memahami dampak spesifik terhadap daur ulang nutrisi dan mengidentifikasi area yang membutuhkan perhatian lebih lanjut.

2. Perubahan dalam Produktivitas Primer

Produktivitas primer, yang merujuk pada proses di mana organisme fotosintetik seperti fitoplankton dan lamun mengubah energi matahari menjadi biomassa melalui fotosintesis, berperan fundamental dalam mendukung ekosistem laut. Namun, sampah laut memiliki potensi untuk mempengaruhi produktivitas primer dengan cara yang signifikan. Plastik dan material lainnya yang ditemukan di laut dapat mengganggu proses fotosintesis ini, sehingga mempengaruhi seluruh rantai makanan laut. Salah satu cara sampah laut mempengaruhi produktivitas primer adalah dengan menyumbat saluran air di habitat seperti padang lamun. Ketika sampah terakumulasi di area tersebut, ia dapat mengurangi akses cahaya ke tanaman lamun. Karena fotosintesis memerlukan cahaya matahari sebagai sumber energi utama, berkurangnya akses cahaya dapat menghambat proses fotosintesis pada tanaman lamun. Akumulasi sampah dapat menurunkan kesehatan tanaman lamun, mengurangi kapasitas untuk menghasilkan biomassa dan mendukung ekosistem.

Sampah laut juga dapat mempengaruhi fitoplankton, yang merupakan komponen kunci dari produktivitas primer di lautan. Fitoplankton berfungsi sebagai produsen utama dalam ekosistem laut, dan penurunan dalam populasinya dapat mempengaruhi ketersediaan makanan bagi zooplankton dan spesies predator yang lebih tinggi. Penurunan biomassa fitoplankton akibat perubahan kondisi lingkungan, termasuk pencemaran oleh sampah, dapat mengganggu keseimbangan rantai makanan laut secara keseluruhan. Penurunan produktivitas primer dapat menyebabkan efek berantai dalam ekosistem laut. Sebagai contoh, jika fitoplankton mengalami penurunan, zooplankton yang bergantung pada fitoplankton sebagai sumber makanan utama juga akan terpengaruh. Zooplankton, pada gilirannya, adalah sumber makanan penting bagi banyak spesies ikan dan organisme laut lainnya. Penurunan dalam ketersediaan makanan ini dapat mempengaruhi kesehatan dan kelangsungan hidup spesies predator, yang mengarah pada perubahan dalam struktur komunitas spesies di ekosistem.

Perubahan dalam produktivitas primer dapat mengganggu keberagaman hayati di ekosistem laut. Ketika organisme fotosintetik seperti fitoplankton dan lamun tidak dapat tumbuh dengan optimal, tidak hanya mempengaruhi rantai makanan tetapi juga proses ekologis lain seperti daur ulang nutrisi dan penyimpanan karbon. Penurunan produktivitas primer dapat menyebabkan perubahan dalam struktur

komunitas spesies, mengurangi keberagaman hayati, dan mempengaruhi fungsi ekosistem secara keseluruhan. Untuk mengatasi dampak ini, penting untuk mengimplementasikan strategi pengelolaan sampah laut yang efektif. Ini termasuk meningkatkan kesadaran tentang pembuangan sampah, mendukung inisiatif pembersihan laut, dan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai yang berkontribusi pada akumulasi sampah di lautan. Melalui tindakan ini, kita dapat membantu melindungi produktivitas primer dan mendukung kesehatan ekosistem laut.

3. Gangguan pada Siklus Biogeokimia

Siklus biogeokimia melibatkan pergerakan dan transformasi elemen kimia penting seperti karbon, nitrogen, dan fosfor melalui lingkungan biotik dan abiotik. Proses ini sangat vital bagi keseimbangan ekosistem dan kesehatan lingkungan. Namun, sampah laut, terutama plastik dan mikroplastik yang mengandung bahan kimia berbahaya, dapat mengganggu siklus ini dengan cara yang kompleks dan merugikan. Plastik dan mikroplastik yang terakumulasi di lautan dapat melepaskan zat-zat kimia ke dalam ekosistem, mempengaruhi komposisi kimia perairan laut, dan berpotensi merusak siklus biogeokimia. Mikroplastik, yang merupakan partikel plastik kecil yang terurai dari sampah besar, dapat berakumulasi di sedimen laut. Ketika mikroplastik ini masuk ke dalam sedimen, mengubah komposisi kimia dan fisik sedimen tersebut. Mikroplastik dapat mempengaruhi siklus karbon dengan mengganggu proses dekomposisi bahan organik dan pengikatan karbon di dasar laut. Perubahan ini dapat mengganggu kemampuan sedimen untuk menyerap dan menyimpan karbon, yang berkontribusi pada perubahan dalam siklus karbon global dan mempengaruhi perubahan iklim.

Sampah laut dapat mempengaruhi siklus nitrogen dan fosfor. Plastik dan bahan kimia yang terlepas dari sampah laut dapat mengubah konsentrasi nutrisi di perairan laut, mempengaruhi siklus nitrogen dan fosfor. Perubahan dalam konsentrasi nutrisi dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu penambahan nutrisi yang berlebihan yang mengarah pada pertumbuhan alga yang cepat dan penurunan kualitas air (Cole et al., 2013). Eutrofikasi dapat merusak habitat laut, mengurangi oksigen terlarut dalam air, dan mempengaruhi kesehatan spesies laut. Dampak sampah laut pada siklus biogeokimia juga dapat mempengaruhi produktivitas biologis dan kesehatan ekosistem laut secara keseluruhan. Penurunan kualitas perairan akibat kontaminasi dapat mempengaruhi

kemampuan ekosistem untuk mendukung kehidupan laut, yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan produktivitas dan kesehatan ekosistem. Organisme yang bergantung pada kondisi lingkungan yang stabil, seperti fitoplankton dan bakteri pengurai, dapat terpengaruh secara negatif, yang berimbas pada seluruh rantai makanan.

Perubahan dalam siklus biogeokimia yang disebabkan oleh sampah laut juga dapat mempengaruhi proses-proses ekologis penting seperti siklus nutrisi dan daur ulang bahan organik. Proses-proses ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan memastikan bahwa energi dan nutrisi didistribusikan dengan efisien di seluruh ekosistem. Gangguan dalam proses ini dapat menyebabkan penurunan keberagaman hayati dan perubahan dalam struktur komunitas spesies. Untuk mengatasi gangguan pada siklus biogeokimia akibat sampah laut, diperlukan pendekatan yang komprehensif dalam pengelolaan sampah dan perlindungan lingkungan. Upaya ini mencakup pengurangan produksi sampah plastik, peningkatan pembersihan laut, dan pengelolaan limbah yang lebih baik untuk mencegah sampah laut memasuki ekosistem. Selain itu, penelitian lebih lanjut tentang dampak sampah laut pada siklus biogeokimia sangat penting untuk mengembangkan solusi yang efektif dan memastikan keberlanjutan ekosistem laut.

4. Gangguan pada Interaksi Ekologis

Sampah laut memiliki dampak luas pada interaksi ekologis dalam ekosistem laut, mempengaruhi hubungan antara spesies, seperti predasi, kompetisi, dan simbiosis. Kehadiran sampah seperti jaring ikan, plastik, dan puing-puing lain dapat menyebabkan terjebaknya spesies laut, yang tidak hanya merugikan individu yang terperangkap tetapi juga mengganggu pola makan dan perilaku spesies tersebut. Terjebaknya spesies seperti penyu dan burung laut dalam sampah ini dapat menyebabkan kematian atau cedera serius, mengganggu ekosistem yang dihuni. Menurut Eriksen et al. (2013), sampah laut dapat menyebabkan perubahan dalam pola migrasi dan distribusi spesies. Sebagai contoh, plastik dan jaring ikan yang tersangkut di lingkungan dapat menciptakan penghalang fisik yang mempengaruhi jalur migrasi spesies migran. Perubahan ini dapat memengaruhi pola migrasi ikan, mamalia laut, dan burung laut, yang pada gilirannya dapat mengubah struktur komunitas spesies di berbagai habitat.

Gangguan pada interaksi predator-mangsa merupakan salah satu dampak signifikan dari sampah laut. Jika predator atau mangsa terpengaruh oleh sampah laut, seperti tertangkap dalam jaring atau terganggu oleh puing-puing, hal ini dapat mempengaruhi dinamika rantai makanan secara keseluruhan (Gall & Thompson, 2015). Misalnya, predator yang terhambat dalam berburu atau mangsa yang tidak dapat bergerak dengan bebas dapat menyebabkan perubahan dalam keseimbangan populasi dan interaksi antara spesies. Selain itu, kualitas habitat juga dapat dipengaruhi oleh akumulasi sampah laut, yang berdampak pada pola distribusi dan perilaku spesies. Sampah yang mengubah struktur fisik habitat, seperti terumbu karang dan padang lamun, dapat mempengaruhi bagaimana spesies berinteraksi dengan lingkungan. Perubahan dalam kualitas habitat ini dapat menyebabkan perubahan dalam preferensi habitat spesies dan mengubah pola distribusi, mempengaruhi keseluruhan struktur komunitas.

Interaksi ekologis antara spesies juga dapat dipengaruhi oleh perubahan dalam ketersediaan sumber daya akibat sampah laut. Misalnya, pengenalan spesies invasif melalui sampah laut dapat mengubah hubungan antara spesies asli dan spesies baru. Spesies invasif yang menempel pada sampah laut dapat bersaing dengan spesies asli untuk makanan dan ruang, mengubah dinamika kompetisi di habitat tersebut. Perubahan dalam interaksi ekologis yang disebabkan oleh sampah laut dapat mempengaruhi kesehatan dan produktivitas ekosistem secara keseluruhan. Gangguan dalam hubungan antara spesies dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati dan perubahan dalam fungsi ekosistem. Sebagai contoh, penurunan dalam predator tingkat atas dapat menyebabkan ledakan populasi mangsa, yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.



BAB VII

DAMPAK SOSIAL DAN EKONOMI SAMPAH LAUT

Sampah laut menimbulkan dampak sosial dan ekonomi yang luas dan signifikan, memengaruhi berbagai aspek kehidupan di pesisir dan lautan. Dampak ini mencakup kerusakan pada infrastruktur yang krusial untuk kegiatan ekonomi dan rekreasi, serta risiko kesehatan yang memengaruhi kualitas hidup masyarakat pesisir. Infrastruktur seperti pelabuhan, fasilitas wisata, dan sistem sanitasi seringkali terparah kerusakan akibat pencemaran sampah laut, yang mengarah pada biaya pemeliharaan dan perbaikan yang tinggi. Selain itu, dampak sampah laut pada sektor pariwisata mengakibatkan penurunan daya tarik destinasi wisata, mengurangi pendapatan dari sektor tersebut.

Sampah laut juga menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi masyarakat. Paparan terhadap sampah plastik dan bahan kimia berbahaya dari sampah laut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari iritasi kulit hingga gangguan sistem pencernaan dan potensi dampak kesehatan jangka panjang. Risiko kesehatan ini tidak hanya mempengaruhi individu tetapi juga membebani sistem kesehatan dan ekonomi lokal melalui biaya pengobatan dan penurunan produktivitas.

A. Dampak pada Sektor Perikanan

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan pada sektor perikanan, mempengaruhi ekonomi, keberlanjutan, dan kesehatan ekosistem laut yang vital bagi industri ini. Dampak ini mencakup kerusakan infrastruktur perikanan, penurunan kualitas hasil tangkapan, serta peningkatan biaya operasional. Sampah laut, terutama plastik, dapat menyebabkan kerugian langsung dan tidak langsung yang

berpengaruh luas pada komunitas yang bergantung pada perikanan sebagai mata pencaharian utama.

1. Kerusakan Infrastruktur Perikanan

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan pada sektor perikanan, salah satunya adalah kerusakan infrastruktur perikanan. Alat tangkap seperti jaring ikan, pelampung, dan berbagai peralatan lainnya sering kali terjerat sampah laut, termasuk plastik dan jaring bekas. Hal ini menyebabkan kerusakan fisik pada peralatan tersebut, yang tidak hanya mempengaruhi efektivitas penangkapan ikan tetapi juga menambah beban biaya pemeliharaan dan penggantian peralatan (Macfadyen et al., 2009). Penelitian menunjukkan bahwa kerusakan ini dapat mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan bagi nelayan dan perusahaan perikanan karena harus mengeluarkan biaya tambahan untuk memperbaiki atau mengganti peralatan yang rusak.

Kerusakan infrastruktur perikanan akibat sampah laut juga berdampak pada produktivitas dan efisiensi operasional. Jaring ikan yang rusak atau terjerat sampah akan mengalami penurunan efektivitas dalam menangkap ikan, mengurangi jumlah hasil tangkapan yang dapat diambil dalam satu waktu. Ini mengakibatkan penurunan efisiensi operasional dan berpotensi menurunkan pendapatan dari aktivitas perikanan. Dalam konteks industri perikanan yang bergantung pada alat tangkap yang berfungsi dengan baik, kerusakan yang disebabkan oleh sampah laut dapat menyebabkan penurunan produktivitas secara keseluruhan.

Pada jangka panjang, dampak kerusakan infrastruktur ini dapat berakibat pada penurunan produktivitas sektor perikanan. Penurunan hasil tangkapan ikan berpotensi mempengaruhi pasokan ikan yang tersedia di pasar, serta pendapatan yang diterima oleh nelayan. Hal ini tidak hanya berdampak pada kesejahteraan ekonomi nelayan individu, tetapi juga pada ekonomi sektor perikanan secara keseluruhan (Gall & Thompson, 2015). Kerusakan ini memperburuk masalah dalam industri perikanan yang sudah menghadapi berbagai tantangan, seperti overfishing dan penurunan stok ikan. Selain itu, sampah laut yang mencemari area penangkapan ikan dapat mengurangi nilai komersial dari hasil tangkapan tersebut. Kontaminasi yang disebabkan oleh plastik dan bahan kimia lain yang terkandung dalam sampah laut dapat merusak kualitas ikan, yang pada gilirannya mempengaruhi harga jual di pasar.

Nilai komersial ikan yang menurun dapat menyebabkan kerugian ekonomi tambahan bagi nelayan, serta mempengaruhi kestabilan pasar ikan secara keseluruhan.

Kerusakan pada infrastruktur perikanan tidak hanya mempengaruhi efisiensi operasional, tetapi juga dapat menambah beban ekonomi pada sektor perikanan. Biaya yang meningkat untuk pemeliharaan dan penggantian alat tangkap yang rusak akibat sampah laut dapat mengurangi margin keuntungan dan menambah ketidakstabilan finansial bagi nelayan. Ini dapat mengarah pada tantangan yang lebih besar dalam mempertahankan kegiatan perikanan secara berkelanjutan dan mengatasi masalah yang timbul dari pencemaran laut. Dalam menghadapi dampak kerusakan infrastruktur perikanan, diperlukan pendekatan yang komprehensif untuk mitigasi. Strategi ini termasuk pengelolaan sampah laut yang lebih baik, implementasi teknologi pembersihan, dan peningkatan kesadaran di kalangan pelaku industri perikanan tentang dampak sampah laut. Kolaborasi antara pemerintah, organisasi lingkungan, dan industri perikanan sangat penting untuk mengurangi dampak sampah laut dan melindungi sektor perikanan dari kerugian lebih lanjut.

2. Penurunan Kualitas Hasil Tangkapan

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas hasil tangkapan perikanan, yang pada gilirannya mempengaruhi kesehatan konsumen dan nilai pasar produk perikanan. Plastik dan bahan kimia dari sampah laut dapat mencemari ikan dan produk laut lainnya, menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan penurunan nilai komersial. Kontaminasi oleh plastik dan mikroplastik adalah salah satu isu utama yang mempengaruhi kualitas makanan laut. Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh ikan dapat mengandung bahan kimia berbahaya seperti pestisida dan logam berat, yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia jika dikonsumsi.

Penurunan kualitas hasil tangkapan akibat kontaminasi sampah laut dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi nelayan dan industri perikanan. Ikan dan produk laut yang terkontaminasi dengan mikroplastik dan bahan kimia lain sering kali memiliki nilai pasar yang lebih rendah dibandingkan dengan produk yang tidak terkontaminasi. Hal ini karena produk yang tercemar dianggap tidak memenuhi standar kualitas dan keamanan pangan. Selain itu, pengolahan dan pembersihan

ikan yang terkontaminasi memerlukan biaya tambahan, yang dapat mengurangi margin keuntungan bagi para pelaku industri perikanan.

Kontaminasi sampah laut dapat mempengaruhi kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan. Ketika konsumen menjadi sadar akan risiko kesehatan terkait dengan kontaminasi mikroplastik dalam produk laut, permintaan terhadap produk tersebut dapat menurun. Kepercayaan konsumen yang menurun ini dapat mempengaruhi pasar secara keseluruhan, menciptakan tantangan tambahan bagi industri perikanan dalam mempertahankan pangsa pasar dan daya saing produk. Penurunan kualitas hasil tangkapan juga berdampak pada kesehatan konsumen. Bahan kimia berbahaya yang terakumulasi dalam tubuh ikan dapat memiliki efek jangka panjang pada kesehatan manusia, termasuk risiko kanker dan gangguan endokrin. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi dan mengatasi sumber kontaminasi ini guna melindungi kesehatan publik. Pengawasan dan regulasi yang ketat terhadap kontaminasi sampah laut dan mikroplastik dalam produk perikanan menjadi langkah penting dalam menjaga keamanan makanan laut.

3. Peningkatan Biaya Operasional

Sampah laut memberikan dampak yang signifikan terhadap sektor perikanan, terutama melalui peningkatan biaya operasional. Pengelolaan dan penanganan sampah laut di area penangkapan ikan menambah beban ekonomi yang berat bagi nelayan dan perusahaan perikanan. Setiap kali sampah laut menyumbat atau merusak alat tangkap, perlu waktu dan biaya tambahan untuk membersihkannya atau menggantinya (Macfadyen et al., 2009). Proses ini bukan hanya memerlukan sumber daya finansial, tetapi juga menambah waktu yang diperlukan untuk melaksanakan aktivitas penangkapan, yang pada akhirnya mengurangi produktivitas dan efisiensi operasional. Peningkatan biaya operasional ini tidak hanya berdampak pada aspek finansial, tetapi juga pada profitabilitas usaha perikanan. Biaya tambahan yang dikeluarkan untuk memelihara dan mengganti alat tangkap yang rusak akibat sampah laut dapat mengurangi margin keuntungan para nelayan. Dengan margin keuntungan yang semakin kecil, banyak nelayan mungkin menghadapi kesulitan dalam mempertahankan usaha, yang dapat mengancam keberlanjutan ekonomi komunitas pesisir yang bergantung pada sektor perikanan.

Nelayan dan perusahaan perikanan juga harus menghadapi biaya untuk mematuhi peraturan lingkungan yang semakin ketat. Regulasi yang dirancang untuk mengurangi pencemaran dan memitigasi dampak sampah laut sering kali memerlukan investasi dalam teknologi pembersihan dan pengelolaan sampah yang lebih canggih (Gall & Thompson, 2015). Penerapan teknologi ini dapat memerlukan investasi awal yang besar, dan tambahan biaya ini pada akhirnya dapat mempengaruhi daya saing industri perikanan di pasar global. Dalam konteks pasar global, peningkatan biaya operasional dapat mempengaruhi daya saing produk perikanan dari negara-negara yang bergantung pada sektor ini sebagai sumber pendapatan utama. Negara-negara dengan sektor perikanan yang lebih rentan terhadap dampak sampah laut mungkin menghadapi tantangan tambahan dalam bersaing dengan negara-negara lain yang memiliki biaya operasional yang lebih rendah. Hal ini dapat mempengaruhi ekspor produk perikanan dan merugikan perekonomian negara-negara tersebut.

Untuk mengatasi tantangan ini, nelayan dan perusahaan perikanan harus mengembangkan strategi untuk mengelola dan mengurangi dampak sampah laut. Ini bisa melibatkan investasi dalam teknologi pembersihan laut yang lebih efisien, pengembangan metode penangkapan yang lebih bersih, dan penerapan praktik pengelolaan limbah yang lebih baik. Selain itu, peningkatan kesadaran dan pelatihan tentang cara mengurangi interaksi dengan sampah laut dapat membantu mengurangi kerusakan dan biaya terkait. Regulasi dan kebijakan yang mendukung pengurangan sampah laut dan perlindungan lingkungan juga sangat penting. Pemerintah dan lembaga terkait perlu bekerja sama dengan sektor perikanan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan yang dapat mengurangi jumlah sampah laut dan mengurangi dampak finansial pada industri. Pendekatan ini harus mencakup insentif untuk teknologi ramah lingkungan dan dukungan bagi nelayan dalam menghadapi biaya tambahan yang timbul akibat dampak sampah laut.

B. Dampak pada Pariwisata dan Rekreasi

Sampah laut, terutama plastik dan bahan lainnya, memiliki dampak yang luas pada sektor pariwisata dan rekreasi. Pantai, resor, dan destinasi wisata laut yang terpengaruh oleh sampah laut tidak hanya menghadapi penurunan daya tarik wisatawan tetapi juga mengalami

kerugian ekonomi dan dampak negatif pada pengalaman rekreasi. Dampak ini meliputi penurunan kualitas lingkungan, kerugian finansial untuk industri pariwisata, dan perubahan dalam perilaku wisatawan.

1. Penurunan Kualitas Lingkungan dan Daya Tarik Wisata

Sampah laut memberikan dampak yang merugikan pada kualitas lingkungan dan daya tarik destinasi wisata. Ketika pantai dan perairan dipenuhi dengan sampah seperti plastik, jaring ikan, dan puing-puing lainnya, keindahan dan kebersihan lokasi wisata menjadi terancam. Pantai yang kotor dan dipenuhi sampah tidak hanya merusak pemandangan estetika tetapi juga mempengaruhi pengalaman pengunjung secara keseluruhan. Rochman et al. (2013) menunjukkan bahwa pengunjung cenderung menghindari pantai yang penuh sampah, karena hal ini mengurangi kenyamanan dan keinginan untuk kembali.

Sampah laut juga dapat merusak kualitas lingkungan secara lebih luas. Kontaminasi yang disebabkan oleh sampah plastik dan bahan lainnya dapat mengubah komposisi kimia air dan mengganggu ekosistem pesisir. Ini tidak hanya mempengaruhi flora dan fauna lokal tetapi juga mempengaruhi daya tarik visual dan atmosfer yang menjadi daya tarik utama bagi wisatawan (Gall & Thompson, 2015). Pantai yang dulunya indah dan bersih dapat berubah menjadi lokasi yang kurang menarik, mengurangi minat wisatawan untuk mengunjungi dan menikmati lingkungan tersebut.

Dampak dari penurunan kualitas lingkungan ini dapat memperburuk reputasi destinasi wisata. Destinasi yang dikenal dengan masalah sampah laut sering kali menghadapi ulasan negatif dan citra buruk di mata publik. Ulasan buruk ini, baik melalui media sosial maupun platform ulasan wisata, dapat mempercepat penurunan jumlah kunjungan, karena calon wisatawan lebih cenderung memilih tempat lain yang menawarkan lingkungan yang bersih dan terjaga. Dengan reputasi yang memburuk, destinasi wisata akan kesulitan dalam menarik pengunjung baru dan mempertahankan pengunjung setia.

Penurunan jumlah wisatawan dan reputasi destinasi wisata dapat mengakibatkan penurunan pendapatan bagi bisnis lokal yang bergantung pada pariwisata pantai dan rekreasi. Hotel, restoran, dan usaha-usaha lokal yang sebelumnya menikmati manfaat ekonomi dari kunjungan wisatawan akan menghadapi penurunan permintaan dan pendapatan. Hal ini dapat berdampak pada kestabilan ekonomi lokal dan mengancam

pekerjaan serta mata pencaharian komunitas yang bergantung pada industri pariwisata. Untuk mengatasi masalah ini, tindakan pembersihan pantai dan pengelolaan sampah yang lebih baik sangat penting. Program pembersihan pantai yang rutin dan kebijakan pengelolaan limbah yang ketat dapat membantu mengurangi akumulasi sampah dan meningkatkan kualitas lingkungan. Inisiatif ini tidak hanya akan memperbaiki kebersihan pantai tetapi juga akan membantu memulihkan daya tarik wisatawan dan meningkatkan reputasi destinasi.

2. Kerugian Finansial untuk Industri Pariwisata

Sampah laut menimbulkan kerugian finansial yang signifikan bagi industri pariwisata, terutama di destinasi pantai dan pesisir. Biaya pembersihan pantai dan perairan dari sampah laut menjadi salah satu beban ekonomi utama yang harus ditanggung oleh pemerintah lokal dan operator pariwisata. Upaya untuk membersihkan sampah, termasuk plastik, jaring ikan, dan puing-puing lainnya, memerlukan investasi besar dalam sumber daya dan tenaga kerja. Penelitian oleh Macfadyen et al. (2015) menunjukkan bahwa biaya pembersihan pantai di beberapa negara dengan masalah sampah laut yang parah dapat mencapai jutaan dolar setiap tahunnya (Macfadyen et al., 2009). Selain biaya langsung pembersihan, ada juga biaya terkait dengan pemulihan dan perbaikan kerusakan yang disebabkan oleh sampah laut. Infrastruktur wisata, seperti dermaga, jalur pejalan kaki, dan fasilitas umum lainnya, seringkali rusak akibat terpapar sampah laut. Memperbaiki kerusakan ini memerlukan dana tambahan, yang dapat menambah beban ekonomi bagi operator pariwisata dan pemerintah lokal. Kerusakan yang berkelanjutan dapat memperburuk situasi keuangan, membuat upaya pemulihan menjadi semakin menantang.

Kerugian finansial yang disebabkan oleh sampah laut tidak hanya terbatas pada biaya pembersihan dan perbaikan. Penurunan kualitas lingkungan juga berdampak pada pendapatan dari aktivitas wisata dan rekreasi. Ketika pantai dan perairan tercemar, minat wisatawan untuk berpartisipasi dalam kegiatan seperti berenang, selam scuba, dan wisata laut lainnya cenderung menurun. Ini mengakibatkan penurunan pendapatan dari tiket masuk, penyewaan peralatan, dan layanan wisata lainnya. Penurunan minat wisatawan dan jumlah pengunjung dapat mempengaruhi keberlangsungan usaha kecil yang bergantung pada sektor pariwisata. Banyak bisnis lokal, seperti restoran, hotel, dan toko

suvenir, yang bergantung pada aliran pengunjung untuk pendapatannya. Dengan berkurangnya jumlah wisatawan, bisnis-bisnis ini menghadapi penurunan pendapatan yang dapat berdampak pada stabilitas ekonomi komunitas pesisir. Kesejahteraan ekonomi lokal seringkali terancam ketika sektor pariwisata mengalami penurunan.

Penurunan kualitas lingkungan dapat mempengaruhi citra dan reputasi destinasi wisata. Destinasi yang dikenal dengan masalah sampah laut cenderung mendapatkan ulasan negatif dari pengunjung, yang dapat memperburuk penurunan kunjungan. Ulasan buruk dan berita negatif mengenai pencemaran pantai dapat mengurangi daya tarik destinasi dan menghambat upaya promosi pariwisata. Dalam menghadapi tantangan ini, upaya untuk mengurangi sampah laut dan memperbaiki kondisi pantai sangat penting. Program pembersihan pantai yang efektif dan kebijakan pengelolaan sampah yang ketat dapat membantu mengurangi dampak sampah laut dan memulihkan daya tarik destinasi wisata. Meningkatkan kesadaran publik dan melibatkan komunitas dalam upaya pembersihan juga dapat membantu mendukung keberhasilan inisiatif ini.

3. Dampak pada Pengalaman Rekreasi

Kehadiran sampah laut di destinasi pantai dan laut memiliki dampak yang signifikan terhadap pengalaman rekreasi para wisatawan. Wisatawan yang mengunjungi lokasi pantai dan laut sering kali berharap untuk menikmati aktivitas seperti berenang, snorkeling, dan memancing dalam lingkungan yang bersih dan aman. Namun, ketika pantai atau perairan tercemar dengan sampah laut, aktivitas rekreasi ini dapat terganggu. Sampah seperti plastik, jaring ikan, dan puing-puing lainnya tidak hanya mencemari pemandangan, tetapi juga dapat menghambat aktivitas yang diinginkan oleh pengunjung (Bergmann et al., 2016). Pengunjung mungkin harus menghindari area yang tercemar atau menghadapi kesulitan dalam melakukan aktivitas, yang merusak pengalamannya secara keseluruhan.

Kenyamanan dan keselamatan adalah aspek penting dari pengalaman rekreasi di pantai. Sampah laut yang mengapung di air atau menempel di pantai dapat mengurangi kenyamanan pengunjung, terutama ketika terpaksa berinteraksi dengan sampah tersebut. Sebagai contoh, berenang di area yang dipenuhi plastik dan puing-puing tidak hanya mengurangi kepuasan tetapi juga dapat menimbulkan risiko fisik, seperti luka atau iritasi kulit. Selain itu, sampah laut dapat mengganggu

aktivitas snorkeling dengan menghalangi pandangan bawah air, mengurangi daya tarik visual dari kehidupan laut yang biasanya menjadi daya tarik utama bagi wisatawan.

Risiko kesehatan adalah dampak penting lainnya dari sampah laut. Plastik dan bahan kimia yang terlepas dari sampah laut dapat mencemari air laut, menyebabkan potensi masalah kesehatan bagi wisatawan. Kontaminasi air oleh mikroplastik atau bahan kimia berbahaya dapat menyebabkan infeksi atau iritasi kulit pada pengunjung (Cole et al., 2011). Masalah kesehatan ini tidak hanya mempengaruhi pengalaman langsung wisatawan tetapi juga dapat menurunkan keinginan untuk kembali ke destinasi tersebut atau merekomendasikan tempat itu kepada orang lain.

Dampak kesehatan dan kenyamanan yang terganggu sering kali mengarah pada penurunan kepuasan wisatawan. Ketika pengunjung merasa bahwa pengalaman terganggu oleh sampah laut, cenderung mengurangi waktu yang dihabiskan di lokasi tersebut atau bahkan memilih untuk tidak kembali. Pengalaman yang buruk dapat mengakibatkan ulasan negatif, yang mempengaruhi reputasi destinasi dan mengurangi daya tariknya bagi wisatawan potensial. Penurunan kepuasan wisatawan, pada gilirannya, dapat mengurangi jumlah kunjungan dan pendapatan dari sektor pariwisata. Ketidaknyamanan dan risiko kesehatan yang disebabkan oleh sampah laut juga dapat mempengaruhi keputusan wisatawan untuk merekomendasikan destinasi tersebut kepada orang lain. Rekomendasi pribadi dari teman atau keluarga seringkali mempengaruhi pilihan destinasi wisata, dan pengalaman negatif dapat menyebar dengan cepat melalui media sosial dan ulasan online. Hal ini dapat memperburuk dampak negatif pada industri pariwisata dan menyebabkan penurunan minat di masa depan.

C. Dampak pada Infrastruktur dan Kesehatan

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan pada infrastruktur pesisir serta kesehatan masyarakat. Kerusakan pada infrastruktur, seperti fasilitas wisata, pelabuhan, dan sistem pengolahan air, berdampak pada biaya pemeliharaan dan perbaikan, serta dapat mengurangi kualitas layanan yang disediakan. Selain itu, dampak pada kesehatan masyarakat meliputi risiko kesehatan langsung yang disebabkan oleh pencemaran air, serta dampak kesehatan jangka panjang akibat paparan bahan kimia

berbahaya dari sampah laut. Kedua aspek ini mempengaruhi kesejahteraan masyarakat pesisir dan ekonomi yang bergantung pada kualitas lingkungan.

1. Dampak pada Infrastruktur Pesisir

a. Kerusakan Fasilitas Wisata dan Pelabuhan

Sampah laut memiliki dampak merugikan yang signifikan terhadap fasilitas wisata dan pelabuhan. Plastik, jaring ikan, dan puing-puing lainnya sering kali terbawa arus laut dan menyumbat sistem drainase yang ada di area wisata. Penyumbatan ini dapat mengganggu aliran air, yang pada gilirannya dapat menyebabkan banjir dan kerusakan pada infrastruktur seperti dermaga, jembatan, dan bangunan di sepanjang pantai (Macfadyen et al., 2009). Ketika sistem drainase tidak berfungsi dengan baik, genangan air dan kerusakan struktural menjadi hal yang umum, mempengaruhi operasional dan kebersihan area tersebut.

Kerusakan pada infrastruktur wisata dan pelabuhan sering kali memerlukan biaya tinggi untuk perbaikan dan pemeliharaan. Misalnya, dermaga dan jembatan yang terkena dampak sampah laut mungkin perlu diperbaiki atau diganti sepenuhnya, yang memerlukan investasi besar dari pihak berwenang atau pemilik fasilitas (Gall & Thompson, 2015). Biaya ini bisa mencakup pembersihan rutin untuk menghilangkan sampah, serta biaya perbaikan untuk struktur yang rusak akibat penyumbatan atau kerusakan lainnya. Selain dampak finansial, kerusakan fasilitas wisata dapat mengurangi daya tarik dan fungsionalitas area tersebut. Jika fasilitas seperti dermaga dan jembatan tidak dalam kondisi baik, pengunjung mungkin merasa tidak nyaman atau tidak aman, yang dapat menurunkan jumlah kunjungan dan kepuasan pengunjung. Akibatnya, daya tarik destinasi wisata bisa menurun, berdampak pada pendapatan dari pariwisata dan ekonomi lokal.

b. Peningkatan Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Sampah laut berkontribusi pada peningkatan biaya operasional dan pemeliharaan pelabuhan serta fasilitas pelayaran dengan cara yang signifikan. Jaring dan plastik yang tersangkut di sistem pemrosesan air dan peralatan pelabuhan

sering kali menyebabkan kerusakan. Misalnya, sampah laut dapat menyumbat saluran air atau merusak peralatan penyimpanan, yang mengganggu operasi sehari-hari dan memerlukan perbaikan mendesak. Kerusakan ini meningkatkan biaya pemeliharaan karena harus ada perbaikan atau penggantian peralatan yang rusak, serta pembersihan rutin untuk mencegah penumpukan sampah.

Pengelola pelabuhan dan fasilitas pelayaran harus menghadapi biaya tambahan untuk mengatasi kerusakan yang disebabkan oleh sampah laut. Biaya ini mencakup tidak hanya perbaikan fisik tetapi juga pengeluaran untuk sistem pembersihan yang lebih efisien guna mengurangi dampak sampah. Untuk menjaga operasional yang lancar, fasilitas sering kali harus mengalokasikan anggaran tambahan, yang bisa mencakup perawatan rutin dan penggunaan teknologi untuk deteksi dan pengumpulan sampah laut.

Peningkatan biaya operasional dan pemeliharaan ini berdampak langsung pada profitabilitas pelabuhan dan fasilitas wisata. Ketika biaya untuk pembersihan dan perbaikan meningkat, margin keuntungan dapat menyusut, mempengaruhi kestabilan finansial pengelola fasilitas. Hal ini dapat mengarah pada tarif layanan yang lebih tinggi atau pemotongan dalam layanan yang disediakan, yang pada gilirannya bisa mempengaruhi pengalaman pengunjung dan daya tarik fasilitas tersebut.

c. Pengaruh terhadap Infrastruktur Air dan Sanitasi

Sampah laut memiliki dampak yang signifikan terhadap sistem pengolahan air dan sanitasi, mempengaruhi kualitas air dan kesehatan masyarakat. Puing-puing plastik dan sampah laut lainnya sering kali mencemari sumber air, mengakibatkan penurunan kualitas air yang digunakan untuk konsumsi dan sanitasi. Plastik dan bahan kimia yang terlepas dari sampah dapat mencemari air dengan kontaminan berbahaya, sehingga meningkatkan risiko kesehatan bagi masyarakat yang bergantung pada sumber air tersebut.

Kontaminasi ini mempengaruhi efektivitas sistem pengolahan air, yang harus bekerja lebih keras untuk menghilangkan kontaminan dan memenuhi standar kebersihan

dan keamanan. Peningkatan beban pada sistem pengolahan air menyebabkan biaya operasional yang lebih tinggi, karena perlunya teknologi dan proses tambahan untuk memastikan air aman untuk digunakan (Bergmann et al., 2016). Biaya ini sering kali harus ditanggung oleh pemerintah atau lembaga pengelola, yang bisa mempengaruhi anggaran untuk pelayanan publik lainnya.

Keterbatasan dalam kapasitas pengolahan air dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan mengancam keberlanjutan sistem sanitasi di area pesisir. Air yang tercemar dapat meningkatkan risiko penyakit dan infeksi, yang berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Penurunan kualitas sanitasi ini juga dapat mengakibatkan masalah lebih lanjut, seperti penyebaran penyakit dan penurunan kualitas hidup.

2. Dampak pada Kesehatan Masyarakat

a. Risiko Kesehatan Akut dan Kronis

Sampah laut mengancam kesehatan masyarakat pesisir melalui berbagai cara, baik secara akut maupun kronis. Paparan langsung terhadap sampah plastik dan puing-puing lainnya dapat menyebabkan iritasi kulit dan infeksi. Kontaminasi air dan tanah oleh plastik yang terdegradasi serta bahan kimia yang terlepas dari sampah laut dapat memperburuk risiko kesehatan, mengakibatkan gangguan seperti ruam kulit, luka infeksi, dan kondisi lainnya.

Mikroplastik, partikel plastik kecil yang terurai dari sampah besar, sering kali mencemari sumber air minum dan makanan laut. Ketika mikroplastik ini masuk ke dalam rantai makanan, dapat membawa bahan kimia berbahaya seperti pestisida dan logam berat. Konsumsi makanan laut yang terkontaminasi ini dapat menyebabkan gangguan sistem pencernaan, seperti nyeri perut dan mual, serta efek toksik pada organ internal seperti hati dan ginjal.

Paparan berkepanjangan terhadap bahan kimia dari sampah laut dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang. Penelitian menunjukkan bahwa bahan kimia berbahaya yang

terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan endokrin, gangguan perkembangan, dan peningkatan risiko kanker. Kesehatan masyarakat pesisir menjadi terancam secara serius oleh dampak ini, yang sering kali memerlukan perhatian medis yang intensif dan mahal.

b. Dampak pada Kesehatan Lingkungan

Sampah laut tidak hanya menimbulkan risiko kesehatan langsung bagi individu, tetapi juga memiliki dampak jangka panjang yang serius pada kesehatan lingkungan, yang pada gilirannya mempengaruhi kesehatan masyarakat. Pencemaran kimia dari sampah laut, seperti bahan kimia berbahaya dan logam berat, dapat merusak kualitas tanah dan air. Bahan-bahan ini sering kali berasal dari plastik yang terdegradasi, serta bahan kimia organik yang larut dalam air dan tanah.

Akumulasi bahan kimia berbahaya dalam tanah dan air dapat mengakibatkan gangguan pada ekosistem, mempengaruhi kesehatan berbagai spesies, termasuk manusia. Logam berat seperti merkuri dan kadmium, serta bahan kimia organik seperti pestisida, dapat terakumulasi dalam rantai makanan, mempengaruhi organisme dari plankton hingga predator puncak (Gall & Thompson, 2015). Ketika manusia mengonsumsi produk laut atau tanaman yang terkontaminasi, bahan kimia ini dapat menimbulkan masalah kesehatan serius, seperti gangguan sistem reproduksi dan sistem kekebalan tubuh.

Penelitian menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap bahan kimia dari sampah laut dapat menyebabkan efek kronis pada kesehatan manusia, termasuk gangguan hormonal dan peningkatan risiko penyakit kronis. Bahan kimia berbahaya yang terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, mulai dari masalah kulit dan gangguan metabolisme hingga penyakit yang lebih serius seperti kanker.

c. Dampak Sosial dan Ekonomi pada Masyarakat

Dampak kesehatan dari sampah laut memiliki konsekuensi sosial dan ekonomi yang signifikan bagi masyarakat, terutama bagi komunitas pesisir. Ketika sampah laut mengkontaminasi lingkungan dan mempengaruhi kualitas air serta makanan,

risiko kesehatan meningkat, yang dapat menyebabkan biaya tambahan untuk perawatan medis. Masyarakat yang terpapar bahan kimia berbahaya dan mikroplastik seringkali harus mengeluarkan uang lebih untuk pengobatan dan pencegahan penyakit, termasuk penyakit kulit, gangguan sistem pencernaan, dan gangguan kesehatan jangka panjang.

Biaya pengobatan yang meningkat tidak hanya membebani individu, tetapi juga dapat menekan sistem kesehatan lokal dan regional. Dalam banyak kasus, komunitas pesisir yang bergantung pada sumber daya laut untuk mata pencaharian mungkin tidak memiliki akses memadai ke layanan kesehatan, yang memperburuk dampak ekonomi dari penyakit terkait sampah laut (Macfadyen et al., 2009). Selain biaya medis, penurunan kesehatan masyarakat juga berakibat pada penurunan produktivitas kerja. Individu yang sakit atau terganggu oleh masalah kesehatan berpotensi menghadapi ketidakhadiran kerja, penurunan kapasitas kerja, dan berkurangnya kualitas hidup. Penurunan produktivitas ini dapat mengurangi pendapatan keluarga dan menambah beban ekonomi pada komunitas yang sudah rentan.



BAB VIII

PENGELOLAAN DAN PENGENDALIAN SAMPAH LAUT

Strategi dan pendekatan yang diperlukan untuk mengelola dan mengendalikan sampah laut secara efektif. Pengelolaan sampah laut memerlukan kerjasama antara pemerintah, industri, masyarakat, dan lembaga non-pemerintah untuk mengatasi masalah yang kompleks ini. Di dalam bab ini, dibahas berbagai kebijakan dan regulasi yang telah diterapkan untuk mengurangi pencemaran laut, termasuk upaya-upaya internasional dan nasional dalam mengatur pembuangan dan pengelolaan sampah. Kebijakan ini mencakup larangan penggunaan plastik sekali pakai dan pengembangan sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien.

Teknologi dan inovasi berperan penting dalam pengelolaan sampah laut. Dengan kemajuan dalam teknologi, berbagai metode baru telah dikembangkan untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, dan mendaur ulang sampah laut. Teknologi seperti jaring pengumpul sampah dan sistem deteksi berbasis drone memberikan alat yang lebih canggih untuk memerangi masalah ini. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pembersihan tetapi juga membantu dalam penelitian untuk memahami lebih baik dampak sampah laut terhadap lingkungan.

A. Kebijakan dan Regulasi

Pengelolaan dan pengendalian sampah laut memerlukan kebijakan dan regulasi yang efektif untuk mengatasi tantangan yang dihadapi oleh lingkungan laut global. Kebijakan dan regulasi ini bertujuan untuk mengurangi produksi sampah laut, meningkatkan pengelolaan limbah, serta mendorong partisipasi masyarakat dan sektor industri dalam upaya pelestarian lingkungan. Berbagai inisiatif telah

diluncurkan baik di tingkat internasional, regional, maupun nasional, mencakup berbagai aspek mulai dari pengurangan sampah plastik hingga peningkatan sistem pengelolaan sampah.

1. Kebijakan Internasional

a. Konvensi Basel dan Protokol Nairobi

Konvensi Basel, disahkan pada tahun 1989, adalah kerangka kerja internasional yang dirancang untuk mengatur pengelolaan limbah berbahaya dan mencegah pergeseran limbah berbahaya antar negara, terutama dari negara maju ke negara berkembang. Konvensi ini bertujuan untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari dampak negatif limbah berbahaya melalui pengelolaan dan pemantauan yang ketat. Sebagai bagian dari upaya global untuk mengatasi masalah sampah laut, Konvensi Basel menetapkan prinsip-prinsip utama tentang tanggung jawab negara penghasil limbah untuk memastikan pengelolaan yang aman dan efisien dari limbah berbahaya.

Pada tahun 2012, Protokol Nairobi diperkenalkan sebagai modifikasi penting terhadap Konvensi Basel. Protokol ini menambahkan ketentuan yang lebih spesifik mengenai pencegahan pencemaran laut oleh limbah berbahaya, dengan fokus khusus pada sampah plastik yang sering kali mencemari lautan. Protokol Nairobi memperkuat komitmen internasional untuk mengurangi dampak sampah laut dengan memberikan panduan lebih rinci untuk pengelolaan sampah plastik dan limbah berbahaya lainnya yang bisa mencemari lingkungan laut.

Dengan penambahan ketentuan ini, Protokol Nairobi mendukung upaya global untuk mengatasi masalah sampah laut secara lebih efektif, melalui pengaturan yang lebih ketat tentang pembuangan limbah dan pengelolaan sampah di sumbernya. Ini mencakup langkah-langkah preventif untuk mengurangi volume sampah yang memasuki lautan dan meningkatkan mekanisme pemantauan serta pelaporan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar pengelolaan limbah.

b. Konvensi Marpol (*Marine Pollution*)

Konvensi Internasional tentang Pencegahan Pencemaran dari Kapal (MARPOL) adalah instrumen penting dalam pengaturan pembuangan sampah maritim, yang mencakup beberapa annex dengan fokus khusus pada berbagai jenis pencemaran. Annex V, yang diadopsi pada tahun 1988, secara khusus menangani masalah sampah dari kapal dan menetapkan peraturan ketat untuk pengelolaan dan pembuangan sampah kapal. Konvensi ini bertujuan untuk melindungi lingkungan laut dari pencemaran yang disebabkan oleh sampah dari kapal, termasuk sampah plastik, yang merupakan salah satu pencemar laut terbesar.

MARPOL Annex V melarang pembuangan semua jenis sampah dari kapal ke laut, dengan beberapa pengecualian untuk sampah yang benar-benar tidak dapat dihindari. Regulasinya mencakup pengaturan sistem pengumpulan sampah di pelabuhan, yang memerlukan kapal untuk menyimpan sampah sampai mencapai pelabuhan dan dapat membuangnya dengan cara yang aman. Sistem ini dirancang untuk mencegah sampah kapal dari memasuki lautan dan mengurangi volume sampah yang mengotori lingkungan laut.

Penerapan MARPOL Annex V juga mencakup kewajiban bagi kapal untuk memiliki rencana pengelolaan sampah yang mencakup cara-cara pembuangan yang sesuai dan metode penyimpanan yang aman selama pelayaran. Dengan memastikan bahwa kapal mengelola sampah dengan cara yang bertanggung jawab, regulasi ini membantu mengurangi dampak negatif dari sampah maritim terhadap ekosistem laut dan kesehatan manusia.

c. Strategi Plastik Global UNEP

Strategi Plastik Global dari *United Nations Environment Programme* (UNEP) adalah inisiatif penting dalam mengatasi pencemaran plastik yang merajalela di lautan dunia. Dikenal sebagai salah satu upaya global terbesar dalam mengurangi dampak plastik terhadap lingkungan laut, strategi ini dirancang untuk menghadapi tantangan besar yang ditimbulkan oleh plastik, termasuk penurunan kualitas air, ancaman bagi kehidupan laut, dan dampak negatif pada ekosistem.

Strategi Plastik Global UNEP mencakup berbagai pendekatan untuk mengurangi produksi dan konsumsi plastik, yang merupakan sumber utama pencemaran laut. Ini termasuk dorongan untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, mempromosikan penggunaan bahan alternatif, dan mendorong pergeseran menuju ekonomi sirkular di mana plastik didaur ulang dan digunakan kembali. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah plastik yang berakhir di laut dan meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah.

Salah satu inisiatif utama UNEP dalam strategi ini adalah *Clean Seas Campaign*, yang diluncurkan untuk meningkatkan kesadaran global tentang bahaya plastik di laut. Kampanye ini bertujuan untuk mengedukasi masyarakat, pemerintah, dan sektor industri tentang pentingnya mengurangi pencemaran plastik dan mempromosikan tindakan kolektif untuk mengatasi masalah tersebut. Melalui kampanye ini, UNEP berusaha untuk menggalang dukungan internasional dan mendorong tindakan nyata untuk mengurangi dampak plastik di lingkungan laut.

2. Kebijakan Regional

a. Union Eropa dan Direktif Sampah Laut

Uni Eropa telah mengimplementasikan kebijakan yang komprehensif untuk menangani isu sampah laut melalui Direktif Sampah Laut, atau *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD), yang diadopsi pada tahun 2008. Direktif ini bertujuan untuk melindungi dan memulihkan lingkungan laut Eropa dengan menetapkan kerangka kerja yang jelas untuk meningkatkan kualitas laut. Fokus utama dari MSFD adalah untuk mencapai "status lingkungan laut yang baik" dengan memitigasi pencemaran dan memulihkan ekosistem laut ke kondisi yang lebih sehat.

Salah satu aspek penting dari MSFD adalah pengawasan dan pelaporan pencemaran laut, yang mencakup pengumpulan data dan pemantauan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran dan dampaknya terhadap ekosistem. Direktif ini mengharuskan negara-negara anggota Uni Eropa untuk melaporkan kemajuan dalam mengurangi sampah laut dan merencanakan tindakan perbaikan. Hal ini memungkinkan tindakan yang lebih

terkoordinasi dan berbasis data untuk mengatasi masalah pencemaran.

MSFD memerlukan pengembangan rencana tindakan nasional yang dirancang untuk mengurangi dan mengelola sampah laut. Rencana ini meliputi strategi untuk mengurangi pembuangan sampah plastik, memperbaiki pengelolaan limbah, dan meningkatkan kesadaran publik tentang masalah sampah laut. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang memasuki laut dan meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan laut dan kehidupan laut.

b. Regional Action Plans di Asia-Pasifik

Di kawasan Asia-Pasifik, perhatian terhadap masalah sampah laut semakin meningkat dengan adanya berbagai inisiatif regional. Salah satu inisiatif utama adalah Rencana Aksi Regional untuk Sampah Laut yang dipromosikan oleh *Asia-Pacific Economic Cooperation* (APEC). Rencana ini dirancang untuk mengatasi tantangan pencemaran laut di wilayah yang padat penduduk ini dengan menekankan pentingnya kolaborasi antar negara. Melalui pendekatan yang terpadu, APEC berupaya mengurangi jumlah sampah laut dan meningkatkan pengelolaan limbah di negara-negara anggota.

Rencana Aksi Regional ini berfokus pada beberapa strategi kunci, termasuk pengurangan penggunaan plastik sekali pakai dan peningkatan kapasitas pengelolaan limbah. Salah satu langkah penting adalah mempromosikan inovasi dalam pengelolaan limbah untuk mengurangi dampak sampah plastik yang mengalir ke laut. Strategi ini melibatkan pengembangan infrastruktur yang lebih baik untuk pengelolaan sampah serta implementasi teknologi yang dapat membantu memproses dan mengurangi volume limbah.

Rencana Aksi ini menekankan pentingnya peningkatan kesadaran masyarakat mengenai dampak sampah laut dan pentingnya pengelolaan limbah yang efektif. Kampanye kesadaran publik dan program pendidikan dirancang untuk melibatkan komunitas lokal dan pelaku industri dalam upaya pengurangan sampah laut. Dengan membangun kesadaran, diharapkan masyarakat akan lebih berkomitmen untuk

mengurangi penggunaan plastik dan mengelola sampah dengan lebih bertanggung jawab.

3. Kebijakan Nasional

a. Regulasi Pengurangan Plastik di Negara-Negara Berkembang

Di banyak negara berkembang, pengurangan plastik telah menjadi fokus utama dalam upaya menangani pencemaran laut. Kenya, misalnya, telah mengambil langkah signifikan dengan mengadopsi larangan plastik sekali pakai pada tahun 2017. Kebijakan ini menjadikannya sebagai salah satu pelopor dalam pengurangan sampah plastik di Afrika dan di seluruh dunia. Larangan ini mencakup kantong plastik dan barang-barang plastik sekali pakai lainnya, dengan tujuan untuk mengurangi jumlah plastik yang berakhir di lautan dan mengancam ekosistem laut.

Keputusan Kenya untuk melarang plastik sekali pakai didorong oleh dampak lingkungan yang merugikan dari sampah plastik, termasuk pencemaran tanah dan air serta dampaknya terhadap kehidupan laut. Dengan melarang penggunaan plastik sekali pakai, pemerintah Kenya berupaya untuk mengurangi jumlah plastik yang mencemari lingkungan, sambil mempromosikan penggunaan alternatif ramah lingkungan seperti tas kain atau tas biodegradable. Kebijakan ini juga mencakup denda dan hukuman bagi pelanggar, yang bertujuan untuk mendorong kepatuhan dan efektivitas larangan tersebut.

Banyak negara berkembang lainnya juga telah mengadopsi kebijakan serupa untuk mengatasi masalah sampah plastik. Misalnya, negara-negara seperti Bangladesh dan India telah menerapkan larangan pada kantong plastik dan barang-barang plastik sekali pakai, serta mempromosikan alternatif yang lebih berkelanjutan. Upaya ini menunjukkan komitmen negara-negara berkembang dalam mengatasi masalah pencemaran laut dan melindungi lingkungan dari dampak sampah plastik.

b. Inisiatif Nasional di Negara-Negara Berkembang

Di kawasan Asia Tenggara, negara-negara berkembang seperti Indonesia dan Filipina telah meluncurkan berbagai inisiatif nasional untuk menangani masalah sampah laut. Indonesia, khususnya, telah memperkenalkan Program

Nasional Pengurangan Sampah Plastik yang ambisius pada tahun 2018. Program ini dirancang untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang masuk ke lautan sebesar 70% pada tahun 2025. Strategi ini melibatkan beberapa pendekatan utama, termasuk pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, penguatan sistem daur ulang, dan peningkatan kesadaran publik mengenai dampak sampah plastik terhadap lingkungan.

Kebijakan Indonesia mencakup berbagai langkah praktis, seperti melarang penggunaan kantong plastik di beberapa kota dan mempromosikan alternatif ramah lingkungan. Selain itu, pemerintah Indonesia berfokus pada penguatan infrastruktur pengelolaan limbah dan meningkatkan efisiensi dalam sistem daur ulang. Program ini juga melibatkan kerjasama dengan sektor swasta dan masyarakat untuk menciptakan solusi berkelanjutan dalam pengelolaan sampah plastik.

Di Filipina, inisiatif serupa juga sedang berlangsung untuk mengatasi masalah sampah laut. Pemerintah Filipina telah meluncurkan berbagai program yang fokus pada pengurangan sampah plastik dan perbaikan sistem pengelolaan limbah. Salah satu contohnya adalah implementasi peraturan lokal yang membatasi penggunaan plastik sekali pakai dan mendorong penggunaan bahan alternatif. Filipina juga aktif dalam kampanye kesadaran publik dan program pendidikan untuk mendorong masyarakat agar lebih bertanggung jawab dalam mengelola sampah.

B. Teknologi dan Inovasi dalam Pengelolaan Sampah Laut

Pengelolaan sampah laut menghadapi tantangan besar yang memerlukan teknologi dan inovasi terbaru untuk mengurangi, mengelola, dan membersihkan sampah dari lingkungan laut. Berbagai teknologi dan inovasi telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir untuk mengatasi masalah ini, mulai dari metode pemantauan dan deteksi hingga teknologi pembersihan dan pengurangan sampah.

1. Teknologi Pemantauan dan Pembersihan

a. Sistem Pemantauan Berbasis Satelit

Sistem pemantauan berbasis satelit telah menjadi alat yang sangat berharga dalam memantau dan mengelola masalah sampah laut. Teknologi satelit modern, seperti Sentinel-2 dan Landsat 8, menawarkan gambar dengan resolusi tinggi dari permukaan laut yang memungkinkan identifikasi dan pelacakan distribusi sampah laut secara efektif (Lebreton et al., 2018). Dengan kemampuan untuk memberikan pandangan menyeluruh dari udara, teknologi ini membantu dalam mengidentifikasi area yang paling terkena dampak oleh pencemaran sampah dan puing-puing di laut.

Gambar satelit ini memungkinkan peneliti dan pembuat kebijakan untuk memetakan area yang mengalami akumulasi sampah dan mengidentifikasi pola distribusi sampah plastik di lautan. Informasi ini sangat penting dalam merencanakan operasi pembersihan yang lebih efisien dan menentukan lokasi-lokasi prioritas untuk intervensi. Misalnya, data satelit dapat menunjukkan area di mana sampah plastik terkumpul dalam jumlah besar, yang dapat memandu upaya pembersihan dan pemulihan di lapangan.

Pemantauan berbasis satelit menyediakan data penting untuk melacak perubahan konsentrasi sampah laut seiring waktu. Dengan memantau gambar satelit secara berkala, peneliti dapat mengevaluasi efektivitas strategi pengelolaan sampah dan pembersihan serta mengidentifikasi tren dalam akumulasi sampah. Hal ini membantu dalam menilai apakah upaya pengurangan sampah plastik dan kebijakan yang diterapkan memberikan hasil yang diharapkan.

b. Sensor dan Kamera Underwater

Teknologi sensor dan kamera underwater telah mengalami perkembangan signifikan, memperluas kemampuan kita dalam memantau dan mengelola sampah laut. Alat-alat ini memberikan wawasan mendalam tentang kondisi bawah laut dan memungkinkan deteksi serta identifikasi jenis sampah dengan tingkat detail yang tinggi. Kamera underwater, misalnya, dapat menangkap gambar dan video dari area di bawah permukaan laut, membantu peneliti dalam memahami

distribusi dan dampak sampah terhadap ekosistem laut secara langsung.

Sensor optik, seperti kamera bawah air dengan kemampuan pemindaian spektral, dapat mendeteksi dan mengidentifikasi berbagai jenis sampah, termasuk plastik dan logam. Teknologi ini memungkinkan analisis komposisi sampah, yang penting untuk mengembangkan strategi pembersihan dan pengelolaan yang efektif. Selain itu, sensor optik dapat mengamati interaksi sampah dengan organisme laut, memberikan informasi tentang bagaimana sampah mempengaruhi perilaku dan kesehatan spesies bawah laut.

Sensor sonar juga berperan kunci dalam pemantauan bawah laut. Teknologi sonar dapat memindai area yang lebih luas dan mendeteksi objek di kedalaman laut yang mungkin sulit diakses dengan kamera. Dengan kemampuan untuk memetakan distribusi sampah di dasar laut, sonar membantu dalam mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya pembersihan.

c. Teknologi Pembersihan Laut

Teknologi pembersihan laut telah mengalami inovasi signifikan untuk menghadapi tantangan sampah laut yang semakin kompleks. Salah satu contoh terkemuka adalah "*The Ocean Cleanup*," sebuah inisiatif yang mengembangkan sistem pembersihan berbentuk U untuk menangkap sampah plastik di permukaan laut. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan arus laut untuk mengumpulkan sampah dalam area yang telah ditentukan, mengarahkan puing-puing tersebut ke bagian pusat perangkat untuk kemudian diangkut ke tempat pengolahan.

Perangkat berbentuk U ini terdiri dari dua bagian utama: layar besar yang menangkap sampah dan struktur pelampung yang mendukung layar serta menjaga perangkat tetap berada di posisi yang tepat. Layar ini dirancang untuk menyaring plastik dari permukaan laut, sementara arus laut membantu mengumpulkan dan memusatkan sampah ke dalam area kerja perangkat. Setelah sampah terakumulasi, sistem ini memindahkannya ke kapal pengumpul atau fasilitas pengolahan untuk diproses lebih lanjut.

Teknologi ini berfungsi di area dengan konsentrasi tinggi sampah plastik, seperti di *Great Pacific Garbage Patch*. Dengan cara ini, teknologi dapat mengurangi jumlah sampah plastik yang beredar di lautan, membantu mengurangi dampak pencemaran terhadap ekosistem laut. Sistem ini juga dapat diadaptasi untuk berbagai kondisi laut dan jenis sampah, meningkatkan fleksibilitas operasionalnya.

d. Sistem Pembersihan Terintegrasi

Sistem pembersihan terintegrasi, seperti Seabin, menawarkan solusi praktis untuk mengatasi sampah plastik dan mikroplastik di area pelabuhan dan zona pesisir. Seabin dirancang untuk diletakkan di lokasi strategis seperti pelabuhan, marina, dan area pesisir yang seringkali menjadi titik pengumpulan sampah laut. Dengan cara ini, sistem dapat mengurangi jumlah sampah yang mencapai laut terbuka dan mengurangi dampak lingkungan dari pencemaran.

Seabin berfungsi dengan memanfaatkan pompa yang dipasang di dalam unit untuk menarik air dan sampah dari permukaan laut ke dalam sebuah wadah berbentuk silinder. Sistem ini dirancang untuk menyaring sampah dari air secara efisien. Setelah sampah masuk ke dalam wadah, air bersih keluar melalui bagian bawah wadah sementara sampah terkumpul di dalamnya. Proses ini memungkinkan pemisahan efektif antara sampah dan air, dengan sampah plastik dan mikroplastik yang terjebak di dalam wadah untuk dipindahkan dan diolah. Sistem ini tidak hanya berfungsi untuk menangkap sampah plastik besar, tetapi juga efektif dalam mengumpulkan mikroplastik yang sulit diatasi dengan metode pembersihan tradisional. Dengan demikian, Seabin membantu mengurangi konsentrasi mikroplastik di lingkungan pesisir dan meningkatkan kualitas air di area-area kritis.

2. Inovasi dalam Kebijakan dan Edukasi

a. Kebijakan dan Peraturan Berbasis Teknologi

Pengembangan kebijakan berbasis teknologi merupakan langkah penting dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah laut. Dengan memanfaatkan teknologi terbaru, seperti pemantauan satelit, pemerintah dan organisasi dapat

mengumpulkan data yang akurat dan real-time tentang distribusi dan konsentrasi sampah laut. Teknologi pemantauan satelit, misalnya, memungkinkan pelacakan dan pemetaan area dengan akumulasi sampah tertinggi, yang dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan yang lebih spesifik dan berbasis bukti.

Data dari satelit memberikan informasi yang sangat detail tentang pola pergerakan sampah di lautan, serta area-area kritis yang memerlukan perhatian segera. Dengan informasi ini, kebijakan pengelolaan sampah dapat lebih terfokus dan efektif. Misalnya, jika data satelit menunjukkan konsentrasi tinggi sampah di wilayah tertentu, kebijakan lokal dapat diubah untuk meningkatkan pembersihan atau pengelolaan di area tersebut. Selain itu, data ini juga dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak dari kebijakan yang telah diterapkan dan mengidentifikasi kebutuhan penyesuaian yang diperlukan.

Kebijakan berbasis teknologi juga mendukung perencanaan strategis yang lebih baik dalam pengelolaan sampah laut. Dengan informasi yang diperoleh dari teknologi pemantauan, pemerintah dan organisasi dapat mengidentifikasi sumber pencemaran utama dan merancang intervensi yang lebih efektif. Ini memungkinkan pembuatan rencana tindakan yang lebih responsif dan terarah, serta alokasi sumber daya yang lebih efisien.

b. Kampanye Kesadaran dan Edukasi

Kampanye kesadaran dan edukasi berperan kunci dalam pengelolaan sampah laut dengan mempengaruhi perilaku publik dan mendorong tindakan pencegahan. Inovasi dalam kampanye ini, terutama dengan penggunaan media digital dan teknologi interaktif, telah terbukti sangat efektif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang masalah sampah laut. Teknologi seperti *virtual reality* (VR) dan *augmented reality* (AR) menawarkan pengalaman yang mendalam dan imersif, memungkinkan pengguna untuk mengalami dampak sampah laut secara langsung dari perspektif yang berbeda.

Penggunaan VR dan AR dalam kampanye edukasi memungkinkan masyarakat untuk "berada" di lingkungan yang terkena dampak sampah laut tanpa harus meninggalkan tempat.

Misalnya, program VR dapat mensimulasikan perjalanan ke area yang tercemar plastik di lautan, memberikan gambaran visual yang kuat tentang seberapa parah pencemaran tersebut. Pengalaman ini dapat memicu rasa empati dan urgensi, yang pada gilirannya mendorong individu untuk mengambil tindakan lebih lanjut, seperti mengurangi penggunaan plastik sekali pakai atau berpartisipasi dalam program pembersihan pantai.

Teknologi digital seperti aplikasi mobile dan platform online juga berperan penting dalam kampanye kesadaran. Aplikasi yang menyediakan informasi real-time tentang lokasi pembuangan sampah dan fasilitas daur ulang, serta platform media sosial yang menyebarkan pesan-pesan kesadaran, mempermudah masyarakat untuk terlibat dan berkontribusi dalam pengelolaan sampah laut. Teknologi ini memungkinkan penyebaran informasi yang luas dan interaktif, serta memfasilitasi kampanye yang lebih terarah dan berdampak.

C. Peran Masyarakat dan Lembaga Non-Pemerintah

Pengelolaan dan pengendalian sampah laut bukanlah tanggung jawab pemerintah dan sektor industri saja; masyarakat dan lembaga non-pemerintah (NGO) juga berperan krusial dalam menghadapi tantangan ini. Melalui berbagai inisiatif, kampanye, dan proyek, berkontribusi pada pengurangan sampah laut dan meningkatkan kesadaran global.

1. Peran Masyarakat

a. Edukasi dan Kesadaran

Edukasi dan kesadaran masyarakat adalah kunci untuk mengatasi masalah sampah laut secara efektif. Program edukasi yang menasar sekolah-sekolah, komunitas lokal, dan tempat umum berperan penting dalam mengajarkan pentingnya pengelolaan sampah yang benar. Melalui kurikulum yang terintegrasi, siswa diajarkan tentang dampak sampah laut, cara mengurangi, dan daur ulang. Pendekatan ini tidak hanya membekalinya dengan pengetahuan tetapi juga membentuk kebiasaan ramah lingkungan sejak dini.

Kampanye kesadaran, seperti *BeatPlasticPollution* yang dicanangkan oleh *United Nations Environment Programme* **The Ecology and Management of Marine Debris**

(UNEP), berusaha melibatkan masyarakat secara aktif dalam tindakan pencegahan pencemaran plastik. Kampanye ini menyediakan informasi yang mudah diakses dan saran praktis tentang bagaimana individu dapat mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, serta mempromosikan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Melalui platform media sosial, publikasi, dan acara komunitas, *BeatPlasticPollution* bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan mendorong tindakan kolektif yang signifikan terhadap pencemaran plastik.

Di tingkat komunitas, kegiatan seperti pembersihan pantai dan lokakarya daur ulang memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk terlibat langsung dalam solusi. Program-program ini tidak hanya membersihkan lingkungan tetapi juga memberikan pelatihan dan informasi yang mendalam tentang cara mengelola sampah secara efektif. Keterlibatan komunitas dalam acara-acara ini dapat memperkuat rasa tanggung jawab bersama dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

b. Partisipasi dalam Aksi Bersih

Partisipasi masyarakat dalam aksi bersih pantai dan perairan merupakan komponen vital dalam upaya global mengatasi masalah sampah laut. Kegiatan ini melibatkan relawan dari berbagai latar belakang yang berkontribusi langsung untuk mengurangi jumlah sampah di lingkungan laut. Program seperti *International Coastal Cleanup* (ICC) yang diorganisir oleh *Ocean Conservancy* adalah contoh konkret dari inisiatif ini. ICC mengumpulkan data penting tentang jenis dan jumlah sampah yang ditemukan di pantai-pantai di seluruh dunia, memberikan wawasan berharga yang dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan dan strategi pengelolaan sampah yang lebih efektif.

Selama acara ICC, relawan tidak hanya membersihkan sampah dari pantai, tetapi juga berpartisipasi dalam pengumpulan data tentang jenis sampah yang ditemukan. Data ini mencakup informasi tentang sumber sampah, seperti plastik sekali pakai, botol kaca, dan sampah lainnya, yang membantu para peneliti dan pembuat kebijakan memahami pola pencemaran dan dampaknya terhadap ekosistem laut. Dengan

melibatkan masyarakat dalam pengumpulan data, ICC meningkatkan kesadaran tentang dampak sampah laut dan mendorong keterlibatan yang lebih besar dalam upaya pembersihan dan pengelolaan sampah.

Aksi bersih pantai juga berfungsi sebagai alat edukasi dan penggalangan kesadaran. Kegiatan ini memungkinkan relawan untuk melihat secara langsung dampak sampah laut dan merasakan kepuasan dari kontribusi terhadap pemulihan lingkungan. Pengalaman ini sering kali memotivasi individu untuk mengadopsi kebiasaan ramah lingkungan di kehidupan sehari-hari, seperti mengurangi penggunaan plastik dan berpartisipasi dalam program daur ulang.

c. Pengurangan dan Daur Ulang di Rumah Tangga

Pengurangan penggunaan plastik sekali pakai di tingkat rumah tangga adalah langkah penting dalam mengatasi masalah sampah laut. Di banyak rumah tangga, perubahan perilaku sederhana dapat memiliki dampak signifikan terhadap jumlah sampah plastik yang berakhir di lautan. Kampanye untuk mengurangi penggunaan tas belanja sekali pakai, botol air plastik, dan produk plastik lainnya mendorong individu untuk beralih ke alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti tas belanja yang dapat digunakan kembali dan botol air yang dapat diisi ulang (Jambeck et al., 2015).

Kampanye pengurangan plastik di rumah tangga tidak hanya fokus pada pengurangan konsumsi plastik, tetapi juga pada meningkatkan kesadaran tentang dampak negatif plastik terhadap lingkungan. Misalnya, banyak program edukasi mengajarkan cara membuat pilihan berkelanjutan, seperti memilih produk dengan kemasan yang dapat didaur ulang atau menggunakan barang-barang yang terbuat dari bahan biodegradable. Dengan mengadopsi praktik ini, individu tidak hanya mengurangi sampah plastik yang dihasilkan, tetapi juga membantu mengurangi permintaan akan plastik sekali pakai, yang pada akhirnya mengurangi jumlah plastik yang berakhir di laut.

Daur ulang juga berperan kunci dalam mengurangi jumlah sampah plastik yang mencapai lautan. Program daur ulang di tingkat rumah tangga sering kali melibatkan pemisahan sampah

plastik dari sampah lainnya, serta penggunaan fasilitas daur ulang yang tersedia di komunitas. Dengan mendaur ulang plastik, masyarakat dapat membantu mengurangi jumlah plastik yang berakhir di tempat pembuangan akhir dan mengurangi kebutuhan akan produksi plastik baru, yang sering kali berakhir di lingkungan laut.

2. Peran Lembaga Non-Pemerintah (NGO)

a. Kampanye Kesadaran dan Advokasi

Lembaga non-pemerintah berperan krusial dalam mengedukasi masyarakat dan mempengaruhi kebijakan terkait pengelolaan sampah laut melalui kampanye kesadaran dan advokasi. Organisasi seperti *Plastic Pollution Coalition* dan *Surfrider Foundation* aktif dalam meningkatkan pemahaman tentang dampak negatif plastik di lautan dan mendorong tindakan kolektif untuk mengurangi pencemaran plastik. Kampanye-kampanye ini seringkali melibatkan berbagai strategi komunikasi, termasuk peluncuran kampanye media, penerbitan laporan, dan penyebaran informasi melalui berbagai platform untuk menjangkau audiens yang luas.

Plastic Pollution Coalition, misalnya, mengedepankan berbagai inisiatif untuk meningkatkan kesadaran tentang bahaya plastik sekali pakai dan mikroplastik di laut, menyebarkan informasi melalui media sosial, kampanye publik, dan pendidikan komunitas. Upayanya bertujuan untuk menggerakkan masyarakat dan pembuat kebijakan untuk mengambil tindakan konkret dalam mengurangi penggunaan plastik dan mendorong adopsi alternatif yang lebih berkelanjutan.

Demikian pula, *Surfrider Foundation* berfokus pada advokasi dan aksi langsung untuk melindungi pantai dan laut dari pencemaran plastik. Melalui berbagai kampanye, tidak hanya meningkatkan kesadaran tentang dampak plastik terhadap lingkungan, tetapi juga berupaya mempengaruhi kebijakan lokal dan nasional, melakukan penelitian, menerbitkan laporan, dan bekerja sama dengan komunitas lokal untuk melaksanakan kegiatan pembersihan dan program pendidikan.

b. Penelitian dan Inovasi

Lembaga non-pemerintah (NGO) berperan penting dalam penelitian dan pengembangan solusi inovatif untuk mengatasi masalah sampah laut. Salah satu contoh paling menonjol adalah *Ocean Cleanup*, yang telah memimpin pengembangan teknologi mutakhir untuk mengatasi pencemaran plastik di lautan. *Ocean Cleanup* memanfaatkan perangkat berbentuk U, yang dirancang untuk mengapung di permukaan laut dan memanfaatkan arus laut untuk mengumpulkan sampah plastik. Teknologi ini dirancang untuk memanfaatkan arus laut secara efisien, mengarahkan sampah ke area yang dapat diproses lebih lanjut, dan secara signifikan mengurangi konsentrasi plastik di lautan.

NGO seperti *Ocean Cleanup* sering kali bekerja sama dengan ilmuwan, insinyur, dan teknologi untuk menciptakan solusi yang praktis dan berkelanjutan. Kolaborasi ini penting karena memungkinkan integrasi berbagai keahlian dan pengetahuan dalam menciptakan solusi yang lebih efektif dan efisien. Penelitian yang dilakukan oleh NGO seringkali melibatkan pengujian lapangan dan analisis data yang mendalam untuk memahami pola pencemaran dan efektivitas teknologi yang dikembangkan.

Banyak NGO berperan dalam mendanai dan melaksanakan proyek penelitian yang fokus pada inovasi dalam pengelolaan sampah laut. Tidak hanya terlibat dalam pengembangan teknologi, tetapi juga dalam mempromosikan adopsi solusi tersebut di tingkat global. Dengan melakukan penelitian terapan dan uji coba teknologi baru, NGO membantu memastikan bahwa solusi yang dikembangkan dapat diimplementasikan secara luas dan memberikan manfaat yang maksimal dalam mengurangi pencemaran plastik.

c. Proyek Pembersihan dan Konservasi

Lembaga non-pemerintah (NGO) sering terlibat dalam proyek pembersihan dan konservasi untuk mengurangi sampah laut dan memulihkan ekosistem pesisir. Salah satu inisiatif terkenal adalah "*Seabin Project*" yang dikembangkan oleh Seabin Foundation. Proyek ini bertujuan untuk membersihkan sampah dari pelabuhan dan area pelabuhan dengan

menggunakan teknologi sederhana namun efektif. Seabin, yang merupakan perangkat berbentuk silinder, dipasang di pelabuhan untuk menarik sampah dari permukaan air melalui pompa yang menghisap air dan sampah ke dalam kantong filter di dalam perangkat.

Seabin Project beroperasi dengan prinsip yang relatif sederhana: mengumpulkan sampah yang mengapung di permukaan air dan mengeluarkannya dari lingkungan pesisir. Dengan cara ini, Seabin membantu mengurangi beban sampah di area yang rentan, seperti pelabuhan dan kawasan pantai, yang sering kali menjadi titik akumulasi sampah. Teknologi ini tidak hanya membantu membersihkan lingkungan tetapi juga meningkatkan kesadaran publik tentang pentingnya pengelolaan sampah yang efektif di area pesisir.

Proyek-proyek seperti *Seabin Project* berkontribusi pada konservasi ekosistem dengan mengurangi dampak negatif sampah laut terhadap kehidupan laut dan habitat pesisir. Dengan mengurangi jumlah sampah yang mencemari perairan pelabuhan, proyek ini membantu memelihara kesehatan ekosistem laut dan mendukung keberlanjutan habitat pesisir. Inisiatif ini juga sering melibatkan komunitas lokal dalam kegiatan pembersihan, yang tidak hanya membersihkan lingkungan tetapi juga memberdayakan masyarakat untuk terlibat dalam konservasi.

d. Kolaborasi Internasional dan Regional

Kolaborasi internasional dan regional menjadi kunci dalam upaya mengatasi masalah sampah laut secara menyeluruh dan efektif. Salah satu contoh signifikan adalah *Global Ghost Gear Initiative* (GGGI), sebuah inisiatif yang berupaya mengurangi dampak gear ikan yang hilang atau dibuang di laut. GGGI melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk organisasi non-pemerintah, pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal, untuk menangani masalah sampah laut yang kompleks ini (Nama & Prusty, 2021).

Ghost gear, atau peralatan ikan yang hilang atau dibuang, merupakan salah satu sumber utama pencemaran laut yang berdampak besar pada kehidupan laut. Gear ini sering kali terjatuh pada organisme laut, menyebabkan kematian dan

kerusakan ekosistem. Inisiatif seperti GGGI bekerja untuk mengatasi masalah ini dengan cara yang terkoordinasi, menggabungkan upaya dari berbagai sektor untuk mengurangi dampak gear ini melalui penanggulangan, pengumpulan, dan daur ulang.

Kolaborasi dalam inisiatif ini melibatkan pemangku kepentingan dari berbagai negara dan sektor untuk mencapai solusi yang lebih luas. Organisasi non-pemerintah berperan dalam penelitian dan advokasi, pemerintah memberikan dukungan regulasi dan kebijakan, sektor swasta menyediakan teknologi dan sumber daya, sementara komunitas lokal terlibat dalam kegiatan pembersihan dan edukasi. Pendekatan terkoordinasi ini memastikan bahwa semua aspek masalah ghost gear dapat diatasi secara menyeluruh.



BAB IX

STUDI KASUS DAN PRAKTIK TERBAIK

Studi kasus dan praktik terbaik dalam pengelolaan sampah laut, memberikan gambaran mendalam tentang pendekatan yang telah terbukti efektif di berbagai belahan dunia. Studi kasus ini berfungsi sebagai contoh konkret yang menunjukkan bagaimana berbagai inisiatif dapat mengatasi tantangan kompleks yang terkait dengan sampah laut, mulai dari kebijakan dan teknologi hingga keterlibatan masyarakat. Dengan menganalisis praktik terbaik, kita dapat memahami faktor-faktor kunci yang berkontribusi pada keberhasilan inisiatif dan mengidentifikasi pelajaran yang dapat diterapkan di konteks lain.

Praktik terbaik yang dibahas mencakup berbagai aspek, seperti teknologi inovatif dalam pengelolaan sampah, program pembersihan pesisir, dan inisiatif pendidikan masyarakat. *The Ocean Cleanup*, misalnya, telah memanfaatkan teknologi canggih untuk mengumpulkan sampah di lautan, sementara *Seabin Project* berfokus pada pembersihan sampah di area pelabuhan. Program seperti *Clean Seas Campaign* dan *International Coastal Cleanup* menunjukkan bagaimana upaya kolektif dan kampanye publik dapat mengurangi dampak sampah laut dan meningkatkan kesadaran global.

A. Studi Kasus di Berbagai Negara

Masalah sampah laut merupakan isu global yang memerlukan perhatian dan tindakan dari berbagai negara. Berbagai negara di seluruh dunia telah mengimplementasikan kebijakan dan program yang berbeda untuk mengatasi pencemaran laut, dengan hasil yang bervariasi.

1. Swedia: Pengelolaan Sampah Laut Berbasis Teknologi

Swedia dikenal sebagai salah satu negara yang memimpin dalam penerapan kebijakan lingkungan progresif dan penggunaan teknologi canggih untuk mengelola sampah laut. Kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan yang tinggi di kalangan masyarakat dan pemerintah membuat Swedia mampu mengembangkan dan menerapkan berbagai inisiatif untuk mengurangi pencemaran laut. Salah satu inisiatif terkemuka adalah "*The Clean Sea Project*", yang memanfaatkan teknologi canggih untuk mengidentifikasi dan mengumpulkan sampah dari perairan. "*The Clean Sea Project*" adalah program inovatif yang menggunakan teknologi pelacakan sampah dan pembersihan otomatis di pelabuhan dan pantai. Teknologi ini memungkinkan identifikasi lokasi sampah secara real-time, sehingga tim pembersihan dapat bertindak cepat dan efisien. Teknologi yang digunakan termasuk drone, sensor bawah air, dan perangkat pelacakan satelit yang dapat memantau pergerakan dan akumulasi sampah di laut. Dengan demikian, Swedia mampu mengatasi pencemaran laut dengan cara yang lebih terstruktur dan efektif.

Swedia juga menerapkan sistem pembersihan otomatis yang efisien. Misalnya, di pelabuhan-pelabuhan utama, terdapat perangkat otomatis yang dirancang untuk mengumpulkan sampah yang mengapung di permukaan air. Perangkat ini bekerja sepanjang waktu untuk memastikan bahwa sampah tidak menyebar lebih jauh ke lautan terbuka. Teknologi ini tidak hanya membantu mengurangi jumlah sampah yang mencapai laut tetapi juga mencegah dampak negatif terhadap ekosistem pesisir dan kehidupan laut. Swedia juga memiliki sistem pengumpulan dan daur ulang sampah yang sangat efisien. Setiap rumah tangga dan bisnis di Swedia diwajibkan untuk memisahkan sampah, dan pemerintah menyediakan fasilitas pengumpulan yang mudah diakses. Sampah yang terkumpul kemudian diolah di fasilitas daur ulang canggih, di mana plastik dan bahan lainnya diproses untuk digunakan kembali. Sistem ini memastikan bahwa hanya sedikit sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir, dan lebih sedikit lagi yang berpotensi mencapai laut.

Penerapan kebijakan lingkungan yang ketat juga berkontribusi pada keberhasilan Swedia dalam mengelola sampah laut. Pemerintah Swedia memberlakukan berbagai regulasi untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan mendorong penggunaan bahan ramah lingkungan. Misalnya, ada larangan atau pembatasan terhadap

penggunaan kantong plastik dan sedotan plastik, serta insentif bagi produsen untuk mengembangkan produk yang lebih mudah didaur ulang. Kebijakan ini membantu mengurangi jumlah plastik yang dibuang dan mengurangi risiko pencemaran laut. Kesadaran masyarakat Swedia terhadap pentingnya menjaga lingkungan juga merupakan faktor penting dalam keberhasilan program ini. Edukasi lingkungan dimulai sejak dini di sekolah-sekolah dan terus berlanjut di berbagai kampanye publik. Masyarakat diajak untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan pembersihan pantai dan pelestarian lingkungan, serta didorong untuk mengurangi penggunaan plastik dan mendaur ulang sampah. Partisipasi aktif masyarakat ini membuat inisiatif pengelolaan sampah laut menjadi lebih efektif dan berkelanjutan.

Hasil dari upaya-upaya ini cukup mengesankan. Swedia telah mencapai penurunan signifikan dalam jumlah sampah yang mencapai laut. Hal ini tidak hanya meningkatkan kualitas lingkungan laut, tetapi juga melindungi kehidupan laut dan ekosistem pesisir. Keberhasilan Swedia dalam mengelola sampah laut dapat menjadi contoh bagi negara lain yang ingin mengatasi masalah pencemaran laut dengan cara yang efektif dan berkelanjutan. Swedia menunjukkan bahwa dengan kombinasi teknologi canggih, kebijakan lingkungan yang ketat, dan partisipasi aktif masyarakat, masalah sampah laut dapat diatasi secara efektif. "*The Clean Sea Project*" dan inisiatif serupa menunjukkan bahwa inovasi dan kesadaran lingkungan dapat berjalan beriringan untuk menciptakan laut yang bersih dan sehat. Upaya Swedia ini tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan lokal tetapi juga memberikan kontribusi positif bagi kesehatan laut global.

2. Australia: Kebijakan dan Kampanye Kesadaran

Australia telah menempuh berbagai langkah strategis dalam menghadapi masalah sampah laut, dengan meluncurkan kebijakan serta kampanye kesadaran yang bertujuan untuk melindungi lingkungan laut yang kaya dan beragam. Salah satu upaya yang paling menonjol adalah melalui "*The Great Barrier Reef Marine Park Authority*" (GBRMPA), yang bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran plastik terhadap terumbu karang dan ekosistem laut. Selain itu, kampanye kesadaran publik seperti "*Take 3 for the Sea*" telah berhasil mendorong masyarakat untuk secara aktif berpartisipasi dalam menjaga kebersihan laut. "*The Great Barrier Reef Marine Park Authority*" berperan penting dalam

upaya Australia melindungi terumbu karang yang terkenal di dunia. Terumbu karang Great Barrier Reef adalah salah satu ekosistem laut paling signifikan dan berharga, namun sangat rentan terhadap ancaman pencemaran plastik. GBRMPA telah mengimplementasikan berbagai kebijakan untuk meminimalkan dampak sampah plastik, termasuk regulasi ketat terhadap pembuangan limbah dari kapal dan inisiatif untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai di kawasan taman laut. Kebijakan ini mencakup upaya kolaboratif dengan industri perikanan dan pariwisata untuk memastikan bahwa praktik operasional tidak merusak lingkungan laut.

Australia juga fokus pada kampanye kesadaran untuk meningkatkan partisipasi publik dalam menjaga kebersihan laut. Kampanye "*Take 3 for the Sea*" adalah salah satu yang paling sukses dan berdampak. Kampanye ini sederhana namun efektif, mendorong setiap pengunjung pantai untuk mengambil tiga sampah setiap kali berkunjung. Ide ini bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang ada di pantai dan laut, sambil mengedukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan. Kampanye ini telah berhasil menggerakkan ribuan orang untuk berpartisipasi dan menyebarkan pesan kesadaran lingkungan. Hasil dari kampanye "*Take 3 for the Sea*" sangat positif, dengan peningkatan signifikan dalam kesadaran masyarakat mengenai isu sampah laut. Banyak komunitas lokal yang terinspirasi untuk mengadakan kegiatan pembersihan pantai secara rutin, serta sekolah-sekolah yang mengintegrasikan pesan kampanye ini dalam kurikulum. Kesadaran ini juga menyebar di media sosial, dengan banyak individu dan organisasi yang membagikan aksi dalam mengambil sampah dan mendukung kampanye ini. Dampak dari kampanye ini tidak hanya terbatas pada pengurangan sampah, tetapi juga menciptakan komunitas yang lebih peduli dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Di tingkat kebijakan, pemerintah Australia juga mengadopsi langkah-langkah untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Beberapa negara bagian, seperti Tasmania dan Queensland, telah memberlakukan larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai, sementara negara bagian lain sedang dalam proses mengadopsi kebijakan serupa. Inisiatif ini bertujuan untuk mengurangi jumlah plastik yang berakhir di lautan dan mendorong masyarakat untuk menggunakan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Kebijakan ini didukung oleh program edukasi yang mengajak masyarakat untuk beralih ke gaya hidup

yang lebih berkelanjutan. Selain kebijakan domestik, Australia juga aktif dalam kerjasama internasional untuk mengatasi masalah sampah laut. Pemerintah Australia berpartisipasi dalam berbagai forum global dan regional untuk berbagi pengalaman dan strategi dalam pengelolaan sampah laut. Ini termasuk keterlibatan dalam inisiatif seperti *International Coastal Cleanup* dan kolaborasi dengan negara-negara tetangga di kawasan Pasifik Selatan untuk mengembangkan solusi bersama terhadap pencemaran laut. Kerjasama internasional ini penting untuk menangani masalah sampah laut yang bersifat lintas batas dan memerlukan tindakan kolektif.

Pentingnya kampanye kesadaran dan kebijakan yang efektif dalam mengatasi sampah laut terlihat jelas dalam studi kasus Australia. Kombinasi antara regulasi ketat, teknologi canggih, dan partisipasi publik yang aktif telah menunjukkan hasil yang positif dalam mengurangi dampak sampah plastik terhadap lingkungan laut. Inisiatif seperti GBRMPA dan kampanye "*Take 3 for the Sea*" merupakan contoh yang dapat ditiru oleh negara-negara lain yang menghadapi tantangan serupa. Keberhasilan Australia dalam mengelola sampah laut menunjukkan bahwa dengan komitmen, kerjasama, dan inovasi, masalah ini dapat diatasi secara efektif. Pendekatan Australia dalam mengatasi masalah sampah laut melalui kebijakan yang kuat dan kampanye kesadaran publik adalah contoh inspiratif. Dengan terus mempromosikan kesadaran lingkungan dan mengimplementasikan kebijakan yang berkelanjutan, Australia menunjukkan bahwa perlindungan lingkungan laut tidak hanya mungkin tetapi juga dapat membawa manfaat jangka panjang bagi ekosistem dan komunitas yang bergantung padanya.

3. Jepang: Teknologi Inovatif dan Pendidikan Lingkungan

Jepang dikenal sebagai negara yang sangat maju dalam teknologi dan memiliki budaya yang kuat dalam menjaga kebersihan lingkungan. Hal ini tercermin dalam upaya mengatasi masalah sampah laut melalui pendekatan teknologi inovatif dan program pendidikan lingkungan yang menyeluruh. Salah satu program unggulan yang mencerminkan komitmen Jepang dalam menjaga kebersihan laut adalah "*Marine Litter Management*", yang diimplementasikan di Tokyo dan pelabuhan besar lainnya. Program "*Marine Litter Management*" menggunakan teknologi sensor canggih untuk mendeteksi dan mengumpulkan sampah di laut.

Teknologi ini melibatkan penggunaan sensor optik dan sonar yang dipasang di berbagai titik strategis di sekitar pelabuhan. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan sampah plastik dan puing-puing lainnya di dalam air, mengirimkan data secara real-time ke pusat pengendalian. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengkoordinasikan operasi pembersihan yang lebih efektif dan efisien. Penggunaan teknologi ini tidak hanya membantu dalam mengurangi jumlah sampah di laut tetapi juga memungkinkan pemantauan yang lebih baik terhadap perubahan konsentrasi sampah dari waktu ke waktu.

Jepang juga menggunakan robot pembersih laut yang dapat beroperasi secara otomatis. Robot ini dirancang untuk mengumpulkan sampah plastik dan puing-puing lainnya dari permukaan laut. Dilengkapi dengan jaring khusus, robot ini dapat menangkap sampah tanpa mengganggu kehidupan laut. Inovasi ini sangat membantu dalam menjaga kebersihan pelabuhan dan area pesisir, mengurangi beban kerja manual, dan meningkatkan efisiensi pembersihan. Keberhasilan teknologi ini menunjukkan bagaimana inovasi dapat berperan penting dalam mengatasi masalah lingkungan yang kompleks. Selain fokus pada teknologi, Jepang juga mengutamakan pendidikan lingkungan sebagai bagian dari strategi dalam menangani sampah laut. Pemerintah dan organisasi non-pemerintah di Jepang telah mengembangkan berbagai program pendidikan yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran publik tentang dampak sampah laut dan pentingnya pengelolaan yang berkelanjutan. Program ini mencakup kurikulum sekolah, kampanye kesadaran publik, dan pelatihan untuk masyarakat umum. Edukasi ini tidak hanya fokus pada anak-anak sekolah tetapi juga menjangkau masyarakat luas melalui media massa dan kegiatan komunitas.

Salah satu contoh program pendidikan lingkungan yang sukses adalah proyek "Umi Mamoru" (*Protect the Ocean*). Proyek ini melibatkan siswa sekolah dasar dan menengah dalam berbagai kegiatan, seperti pembersihan pantai, penelitian tentang sampah laut, dan workshop kreatif untuk mengurangi penggunaan plastik. Melalui program ini, siswa diajarkan tentang pentingnya menjaga kebersihan laut dan didorong untuk menjadi duta lingkungan di komunitas. Partisipasi aktif dari generasi muda dalam program ini membantu menciptakan kesadaran yang mendalam dan berkelanjutan dalam upaya perlindungan lingkungan. Selain itu, Jepang juga mengadakan kampanye nasional seperti "*Clean Ocean Project*", yang melibatkan masyarakat dalam aksi

pembersihan pantai dan laut secara sukarela. Kampanye ini sering kali dilakukan bersama dengan perusahaan swasta dan organisasi masyarakat, menunjukkan kolaborasi yang kuat antara sektor publik dan swasta. Melalui kampanye ini, masyarakat didorong untuk mengambil bagian dalam upaya perlindungan lingkungan dan diberi pemahaman tentang dampak buruk sampah laut terhadap ekosistem laut dan kehidupan sehari-hari.

Pendekatan komprehensif Jepang yang menggabungkan teknologi canggih dan pendidikan lingkungan menunjukkan hasil yang signifikan. Laporan dari pemerintah dan penelitian independen menunjukkan bahwa jumlah sampah laut di beberapa area telah berkurang secara signifikan sejak implementasi program ini. Selain itu, tingkat kesadaran masyarakat terhadap isu sampah laut juga meningkat, yang tercermin dari partisipasi aktif dalam kegiatan pembersihan dan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai. Keberhasilan Jepang dalam mengelola sampah laut dapat menjadi contoh bagi negara lain. Pendekatan yang menggabungkan teknologi inovatif dengan pendidikan dan kesadaran publik menciptakan solusi yang berkelanjutan dan efektif. Teknologi sensor dan robot pembersih menunjukkan bagaimana inovasi dapat diterapkan untuk mengatasi masalah lingkungan, sementara program pendidikan memastikan bahwa masyarakat memahami dan berpartisipasi dalam upaya perlindungan lingkungan. Jepang telah menunjukkan bahwa dengan komitmen, inovasi, dan kolaborasi, masalah sampah laut dapat diatasi secara efektif.

4. Indonesia: Proyek Komunitas dan Kebijakan Nasional

Indonesia, dengan garis pantainya yang panjang dan merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, menghadapi tantangan besar dalam mengelola sampah laut. Upaya untuk mengatasi masalah ini dilakukan melalui berbagai inisiatif yang melibatkan komunitas lokal, organisasi non-pemerintah (NGO), serta kebijakan nasional yang komprehensif. Salah satu proyek komunitas yang menonjol adalah "*Bali's Clean Sea*", yang menjadi contoh kolaborasi antara masyarakat lokal dan NGO dalam pembersihan pantai dan edukasi masyarakat tentang pentingnya pengurangan penggunaan plastik. "*Bali's Clean Sea*" adalah proyek yang bertujuan untuk mengurangi sampah plastik di pantai-pantai Bali yang terkenal sebagai destinasi wisata internasional. Proyek ini dikelola oleh komunitas lokal bersama dengan berbagai NGO,

seperti Bye Bye Plastic Bags dan EcoBali. Kegiatan utama proyek ini meliputi pembersihan pantai secara rutin, di mana sukarelawan dari berbagai latar belakang berkumpul untuk mengumpulkan sampah plastik dan puing-puing lainnya yang mencemari pantai. Proyek ini tidak hanya berfokus pada pembersihan fisik, tetapi juga pada edukasi masyarakat untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai.

Edukasi masyarakat adalah komponen penting dari "*Bali's Clean Sea*". Melalui berbagai workshop dan kampanye kesadaran, proyek ini berusaha untuk mengubah perilaku masyarakat lokal dan wisatawan dalam penggunaan plastik. Workshop yang diselenggarakan mengajarkan cara-cara mengurangi penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari, seperti menggunakan tas belanja kain, botol air yang dapat digunakan kembali, dan teknik daur ulang sederhana. Kampanye kesadaran juga dilakukan melalui media sosial dan acara-acara publik untuk menjangkau audiens yang lebih luas dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga kebersihan laut. Di tingkat nasional, Indonesia telah mengimplementasikan kebijakan komprehensif untuk mengatasi masalah sampah laut. Salah satu kebijakan utama adalah "*Indonesia's National Action Plan on Marine Plastic Debris*" yang diluncurkan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). Rencana aksi nasional ini menetapkan target ambisius untuk mengurangi pencemaran plastik di laut sebanyak 70% pada tahun 2025. Rencana aksi ini mencakup berbagai strategi, mulai dari pengelolaan limbah yang lebih baik, pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, hingga peningkatan kesadaran publik.

Strategi pengelolaan limbah yang lebih baik meliputi peningkatan infrastruktur untuk pengumpulan dan pengolahan sampah. Pemerintah Indonesia telah berinvestasi dalam pembangunan fasilitas daur ulang dan pengolahan limbah di berbagai daerah, serta memperkenalkan sistem pengumpulan sampah yang lebih efisien. Selain itu, pemerintah juga mendorong inovasi dalam pengelolaan limbah melalui kemitraan dengan sektor swasta dan akademisi. Upaya ini diharapkan dapat mengurangi jumlah sampah yang berakhir di laut. Pengurangan penggunaan plastik sekali pakai juga menjadi fokus utama dari rencana aksi nasional ini. Pemerintah Indonesia telah memberlakukan berbagai regulasi untuk mengurangi penggunaan plastik, seperti larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai di

beberapa kota besar dan promosi penggunaan produk ramah lingkungan. Kampanye publik seperti "Gerakan Indonesia Bebas Sampah Plastik" juga diluncurkan untuk mendorong masyarakat mengurangi penggunaan plastik dan mendukung kebijakan pemerintah.

Peningkatan kesadaran publik merupakan strategi penting lainnya dalam rencana aksi nasional. Pemerintah bekerja sama dengan NGO, komunitas lokal, dan sektor swasta untuk mengedukasi masyarakat tentang dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan laut dan kesehatan manusia. Kampanye kesadaran dilakukan melalui berbagai media, termasuk iklan televisi, media sosial, dan acara-acara publik. Selain itu, pemerintah juga mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan pembersihan pantai dan laut. Kolaborasi antara pemerintah, komunitas lokal, NGO, dan sektor swasta telah menjadi kunci keberhasilan upaya Indonesia dalam mengelola sampah laut. Proyek seperti "*Bali's Clean Sea*" menunjukkan bagaimana inisiatif komunitas dapat berdampak positif dalam mengurangi sampah laut dan meningkatkan kesadaran publik. Sementara itu, kebijakan nasional seperti "*Indonesia's National Action Plan on Marine Plastic Debris*" menetapkan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengatasi masalah ini secara lebih sistematis dan berkelanjutan.

5. Amerika Serikat: Inisiatif Pembersihan dan Regulasi

Amerika Serikat telah menjadi pelopor dalam upaya mengatasi masalah sampah laut dengan berbagai inisiatif pembersihan dan regulasi yang progresif. Salah satu program yang menonjol adalah "*NOAA Marine Debris Program*," yang dikelola oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Program ini bekerja untuk mengidentifikasi dan mengatasi sumber sampah laut melalui pendekatan berbasis penelitian, pendidikan, dan kolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah lokal, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat. Selain itu, regulasi seperti larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai di beberapa negara bagian telah berkontribusi signifikan dalam mengurangi sampah plastik yang mencemari laut. Program "*NOAA Marine Debris Program*" berfokus pada tiga aspek utama: pencegahan, pengurangan, dan pemantauan. Pencegahan dilakukan melalui kampanye pendidikan yang bertujuan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya sampah laut dan pentingnya pengelolaan limbah yang benar. Program ini sering kali

bekerja sama dengan sekolah, universitas, dan organisasi komunitas untuk menyebarkan informasi dan menyediakan sumber daya pendidikan. Melalui pendekatan ini, NOAA berusaha untuk membentuk perilaku pro-lingkungan di kalangan masyarakat luas.

Pengurangan sampah laut dilakukan melalui berbagai proyek pembersihan di seluruh pantai dan perairan Amerika Serikat. NOAA sering bekerja sama dengan organisasi lokal dan sukarelawan untuk mengorganisir kegiatan pembersihan pantai. Proyek-proyek ini tidak hanya bertujuan untuk menghilangkan sampah dari lingkungan laut, tetapi juga untuk mengumpulkan data tentang jenis dan jumlah sampah yang ditemukan. Data ini kemudian digunakan untuk mengembangkan strategi lebih lanjut untuk mencegah masuknya sampah baru ke laut. Pemantauan merupakan komponen penting lainnya dari "*NOAA Marine Debris Program*." Program ini menggunakan teknologi canggih untuk melacak dan memantau sampah laut, termasuk sistem pemantauan berbasis satelit dan sensor underwater. Data yang dikumpulkan melalui pemantauan ini membantu NOAA dalam memahami pola distribusi sampah laut dan mengidentifikasi sumber-sumber utama polusi. Informasi ini kemudian digunakan untuk mendukung upaya pencegahan dan pengurangan yang lebih efektif.

Di samping upaya pembersihan dan pemantauan, regulasi di tingkat negara bagian juga berperan penting dalam mengurangi sampah plastik di laut. Beberapa negara bagian di Amerika Serikat, seperti California, Oregon, dan Hawaii, telah memberlakukan larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah plastik yang digunakan oleh masyarakat dan mengurangi potensi polusi plastik di lingkungan laut. Larangan ini telah menunjukkan hasil yang positif, dengan penurunan signifikan dalam jumlah kantong plastik yang ditemukan di pantai-pantai dan perairan sekitar. Selain larangan penggunaan kantong plastik, beberapa negara bagian juga menerapkan kebijakan pengurangan plastik lainnya, seperti larangan penggunaan sedotan plastik dan pengenalan pajak untuk kantong plastik sekali pakai. Kebijakan-kebijakan ini didukung oleh kampanye kesadaran publik yang membahas dampak negatif plastik terhadap lingkungan laut dan mendorong masyarakat untuk beralih ke alternatif yang lebih ramah lingkungan. Upaya ini telah berhasil meningkatkan kesadaran publik dan mengurangi penggunaan plastik di banyak komunitas.

Kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta merupakan kunci keberhasilan inisiatif pengelolaan sampah laut di Amerika Serikat. Banyak perusahaan telah mengadopsi kebijakan ramah lingkungan, seperti mengurangi penggunaan plastik dalam produknya dan beralih ke bahan kemasan yang dapat didaur ulang. Sektor swasta juga sering kali mendukung kegiatan pembersihan dan program pendidikan yang dijalankan oleh NOAA dan organisasi non-pemerintah lainnya. Melalui kemitraan ini, upaya untuk mengatasi masalah sampah laut dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan berdampak lebih luas. Meskipun tantangan yang dihadapi masih besar, upaya yang dilakukan oleh Amerika Serikat dalam mengatasi masalah sampah laut menunjukkan bahwa dengan pendekatan yang terintegrasi dan kolaboratif, perubahan positif dapat dicapai. "*NOAA Marine Debris Program*" dan regulasi negara bagian telah membuktikan bahwa kombinasi antara pendidikan, pembersihan, pemantauan, dan kebijakan yang tegas dapat menghasilkan dampak yang signifikan dalam mengurangi sampah laut. Upaya ini tidak hanya penting untuk menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan laut, tetapi juga untuk melindungi keanekaragaman hayati dan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada laut.

6. Brazil: Inisiatif Pembersihan Pantai dan Pengelolaan Sampah

Brazil, dengan garis pantai sepanjang lebih dari 7.400 kilometer, merupakan negara dengan keanekaragaman hayati laut yang luar biasa. Namun, dengan kekayaan tersebut, Brazil juga menghadapi tantangan besar terkait sampah laut. Salah satu inisiatif terkemuka untuk mengatasi masalah ini adalah "Projeto Tamar," sebuah proyek yang berfokus pada perlindungan penyu laut serta pembersihan pantai dari sampah plastik. Projeto Tamar telah menjadi contoh sukses dalam menggabungkan konservasi satwa, pengelolaan sampah, dan keterlibatan masyarakat lokal. Projeto Tamar, yang dimulai pada tahun 1980-an, awalnya bertujuan untuk melindungi populasi penyu laut di Brazil yang terancam oleh penangkapan ikan yang tidak disengaja dan perusakan habitat. Namun, seiring waktu, proyek ini berkembang untuk menangani masalah sampah laut, terutama plastik, yang juga mengancam kehidupan penyu dan ekosistem laut lainnya. Sampah plastik di pantai dan perairan laut dapat menyebabkan kematian penyu yang menelannya atau terjat di dalamnya, sehingga mengurangi populasi secara signifikan.

Salah satu komponen utama dari Projeto Tamar adalah program pembersihan pantai. Proyek ini secara rutin mengorganisir kegiatan pembersihan pantai yang melibatkan sukarelawan dari komunitas lokal, pelajar, dan wisatawan. Kegiatan ini tidak hanya membantu mengurangi jumlah sampah plastik di pantai, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan laut. Sukarelawan yang berpartisipasi dalam kegiatan pembersihan ini diberi pelatihan tentang dampak sampah laut terhadap ekosistem dan cara-cara untuk mengurangi penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari. Selain pembersihan pantai, Projeto Tamar juga fokus pada edukasi lingkungan. Pusat edukasi yang dikelola oleh proyek ini menyediakan informasi tentang penyu laut dan ancaman yang dihadapi, termasuk sampah plastik. Program pendidikan ini dirancang untuk berbagai kelompok usia, mulai dari anak-anak hingga orang dewasa, dan sering kali melibatkan kegiatan interaktif seperti tur edukatif, workshop, dan presentasi. Edukasi ini bertujuan untuk membangun kesadaran jangka panjang dan perubahan perilaku dalam hal pengelolaan sampah dan perlindungan lingkungan.

Projeto Tamar juga bekerja sama dengan sekolah-sekolah dan institusi pendidikan lainnya untuk mengintegrasikan isu sampah laut dan konservasi penyu ke dalam kurikulum. Melalui program ini, siswa diajarkan tentang pentingnya ekosistem laut dan perannya dalam menjaga kebersihan pantai. Kemitraan dengan sekolah ini tidak hanya memperluas jangkauan edukasi proyek, tetapi juga menciptakan generasi muda yang lebih peduli dan bertanggung jawab terhadap lingkungan. Di tingkat kebijakan, Projeto Tamar berkolaborasi dengan pemerintah dan organisasi non-pemerintah lainnya untuk mengembangkan dan menerapkan strategi pengelolaan sampah yang efektif. Proyek ini mendukung inisiatif kebijakan yang bertujuan mengurangi produksi dan penggunaan plastik, serta meningkatkan infrastruktur pengelolaan sampah. Misalnya, Tamar telah berpartisipasi dalam kampanye untuk melarang kantong plastik sekali pakai dan mempromosikan penggunaan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Keberhasilan Projeto Tamar dalam mengatasi masalah sampah laut juga terlihat dari dampaknya terhadap komunitas lokal. Melalui partisipasi aktif dalam kegiatan pembersihan dan edukasi, masyarakat lokal telah menjadi lebih sadar akan pentingnya menjaga kebersihan pantai dan laut. Proyek ini juga menciptakan peluang ekonomi bagi

komunitas melalui pariwisata ekologi dan pekerjaan terkait konservasi, yang secara tidak langsung mendukung upaya pengelolaan sampah. Meskipun masih banyak tantangan yang harus dihadapi, Projeto Tamar menunjukkan bahwa pendekatan terintegrasi yang melibatkan pembersihan, edukasi, dan kebijakan dapat memberikan hasil yang signifikan dalam mengurangi sampah laut dan melindungi ekosistem. Kesuksesan proyek ini dapat menjadi model bagi inisiatif serupa di seluruh dunia, yang berusaha untuk mengatasi masalah sampah laut dengan cara yang berkelanjutan dan inklusif.

7. Filipina: Program Komunitas dan Kebijakan Lokal

Filipina, sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 7.000 pulau, menghadapi tantangan besar dalam hal pengelolaan sampah laut. Negara ini telah mengembangkan berbagai program komunitas dan kebijakan lokal untuk mengatasi masalah ini. Salah satu inisiatif yang menonjol adalah "*The Coastal Resource Management Project*" (CRMP), yang berfokus pada pembersihan pantai dan pengelolaan sampah di daerah pesisir. Program ini melibatkan komunitas lokal dalam kegiatan pembersihan dan edukasi, dengan tujuan untuk menciptakan lingkungan laut yang lebih bersih dan sehat. CRMP adalah bagian dari upaya Filipina untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan pantai dan laut. Program ini memanfaatkan partisipasi aktif dari penduduk lokal, termasuk nelayan, pelajar, dan sukarelawan. Kegiatan pembersihan pantai dilakukan secara rutin dan melibatkan ratusan peserta yang bekerja sama untuk mengumpulkan sampah plastik dan puing-puing lainnya dari pantai. Kegiatan ini tidak hanya membantu membersihkan pantai tetapi juga memberikan pendidikan langsung tentang dampak sampah laut terhadap ekosistem.

CRMP juga fokus pada edukasi masyarakat. Program ini mengadakan workshop dan seminar di komunitas lokal untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya pengelolaan sampah yang benar. Peserta diberikan informasi tentang bagaimana sampah plastik dapat merusak ekosistem laut dan bagaimana dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang mencapai laut. Edukasi ini penting untuk menciptakan perubahan perilaku jangka panjang dalam hal pembuangan sampah dan penggunaan plastik. CRMP juga bekerja sama dengan sekolah-sekolah dan institusi pendidikan lainnya untuk memasukkan isu sampah laut ke dalam kurikulum. Program ini bertujuan

untuk mendidik generasi muda tentang pentingnya menjaga kebersihan pantai dan laut. Melalui pendidikan ini, siswa diajarkan tentang dampak negatif sampah plastik terhadap kehidupan laut dan bagaimana dapat berkontribusi dalam menjaga lingkungan. Keterlibatan sekolah juga membantu memperluas jangkauan edukasi program dan menciptakan kesadaran yang lebih luas di masyarakat.

Di tingkat kebijakan, Filipina telah mengimplementasikan berbagai peraturan untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih baik. Pemerintah daerah mengadopsi kebijakan pengelolaan sampah yang lebih ketat, termasuk larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai dan promosi daur ulang. Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang dibuang ke laut dan meningkatkan tingkat daur ulang di negara tersebut. Implementasi kebijakan ini juga didukung oleh CRMP melalui kampanye kesadaran dan edukasi di komunitas lokal. Kolaborasi antara CRMP dan pemerintah lokal juga penting dalam memperkuat kapasitas pengelolaan sampah di daerah pesisir. Pemerintah lokal menyediakan fasilitas pengumpulan dan pengolahan sampah, sementara CRMP memberikan pelatihan kepada petugas pengelolaan sampah dan anggota komunitas tentang praktik terbaik dalam pengelolaan sampah. Kerja sama ini membantu memastikan bahwa kebijakan pengelolaan sampah dapat diimplementasikan secara efektif dan berkelanjutan.

Dampak dari CRMP telah terlihat dalam peningkatan kualitas lingkungan di daerah pesisir yang menjadi fokus program. Pantai yang sebelumnya dipenuhi sampah plastik sekarang lebih bersih dan menarik, yang juga berdampak positif pada pariwisata lokal. Keberhasilan program ini juga telah meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan laut dan mengurangi penggunaan plastik. Komunitas yang terlibat dalam CRMP menunjukkan komitmen yang tinggi untuk terus menjaga kebersihan pantai dan mendukung upaya pengelolaan sampah. "*The Coastal Resource Management Project*" di Filipina menunjukkan bahwa keterlibatan komunitas dan kebijakan lokal yang efektif dapat memberikan hasil yang signifikan dalam mengatasi masalah sampah laut. Dengan partisipasi aktif dari masyarakat dan dukungan dari pemerintah, Filipina dapat terus memperbaiki kondisi lingkungan lautnya dan menciptakan masa depan yang lebih bersih dan berkelanjutan. Inisiatif ini dapat menjadi model bagi negara-negara lain yang menghadapi tantangan serupa,

menunjukkan bahwa solusi berbasis komunitas dapat memberikan dampak positif yang nyata.

B. Program dan Inisiatif Sukses

Pada beberapa tahun terakhir, berbagai program dan inisiatif sukses telah diluncurkan di seluruh dunia untuk mengatasi masalah sampah laut. Inisiatif-inisiatif ini mencakup pendekatan berbasis teknologi, upaya komunitas, serta kebijakan dan regulasi yang inovatif.

1. *The Ocean Cleanup*

The Ocean Cleanup adalah inisiatif terkenal yang didirikan oleh Boyan Slat pada tahun 2013 dengan tujuan ambisius untuk membersihkan sampah plastik dari lautan dunia. Organisasi ini memfokuskan usahanya pada pengembangan teknologi canggih yang mampu mengumpulkan dan mengurangi jumlah sampah plastik di samudra. Dengan pendekatan yang berbasis teknologi dan berfokus pada tindakan nyata, *The Ocean Cleanup* berupaya memberikan solusi konkret terhadap masalah global yang mendesak ini. Salah satu komponen utama dari *The Ocean Cleanup* adalah sistem pemungutan sampah dari permukaan laut, yang dikenal sebagai "System 001" atau "Wilson." Teknologi ini terdiri dari struktur berbentuk U yang dilengkapi dengan jaring untuk menangkap sampah plastik. System 001 dirancang untuk bergerak mengikuti arus laut, sehingga dapat secara efektif mengumpulkan sampah plastik yang terapung di permukaan laut. Setelah terkumpul, sampah plastik ini kemudian diangkut ke darat untuk didaur ulang.

System 001 telah diuji di *Great Pacific Garbage Patch*, salah satu area dengan konsentrasi sampah plastik tertinggi di dunia. Uji coba ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan kinerja teknologi dalam kondisi nyata di lautan terbuka. Hasil awal dari uji coba ini menunjukkan bahwa System 001 mampu mengumpulkan sampah plastik dalam jumlah yang signifikan, memberikan harapan bahwa teknologi ini dapat digunakan secara luas untuk membersihkan lautan dari sampah plastik. Keberhasilan ini juga mendorong pengembangan lebih lanjut dari teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas pengumpulan sampah. Selain System 001, *The Ocean Cleanup* juga mengembangkan sistem yang disebut "Interceptor" untuk menangkap sampah plastik di

sungai-sungai sebelum mencapai laut. *Interceptor* adalah perangkat otomatis yang dipasang di sungai dan dirancang untuk mengumpulkan sampah plastik yang mengalir di permukaan air. Dengan mengatasi masalah sampah plastik di sumbernya, yaitu sungai-sungai yang mengalir ke laut, *Interceptor* bertujuan untuk mencegah tambahan sampah plastik masuk ke lautan. Ini adalah langkah preventif yang penting untuk mengurangi jumlah sampah plastik di lautan secara keseluruhan.

Interceptor telah dipasang di beberapa sungai besar di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, Malaysia, dan Vietnam. Implementasi *Interceptor* di berbagai lokasi ini menunjukkan komitmen *The Ocean Cleanup* untuk bekerja sama dengan pemerintah dan komunitas lokal dalam upaya mengatasi masalah sampah plastik. Melalui kolaborasi ini, *The Ocean Cleanup* tidak hanya memberikan teknologi, tetapi juga mendukung pendidikan dan kesadaran publik tentang pentingnya menjaga kebersihan sungai dan laut. Keberhasilan proyek-proyek *The Ocean Cleanup* dalam mengurangi konsentrasi sampah plastik di laut menunjukkan potensi besar untuk solusi berbasis teknologi dalam menangani masalah sampah laut. Dengan kombinasi pendekatan preventif dan tindakan pembersihan langsung, inisiatif ini menawarkan model yang dapat direplikasi di seluruh dunia. Teknologi inovatif seperti *System 001* dan *Interceptor* memberikan alat yang efektif untuk mengatasi masalah sampah plastik yang terus meningkat dan merusak ekosistem laut.

Tantangan masih ada dalam hal skalabilitas dan pendanaan untuk proyek-proyek besar seperti ini. *The Ocean Cleanup* terus berupaya untuk menggalang dana dan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, organisasi non-profit, dan sektor swasta. Dengan dukungan yang berkelanjutan, inisiatif ini memiliki potensi untuk membuat perbedaan yang signifikan dalam upaya global untuk membersihkan lautan dari sampah plastik. *The Ocean Cleanup* merupakan contoh inspiratif dari bagaimana teknologi dan inovasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah lingkungan yang mendesak. Dengan visi yang jelas dan pendekatan yang berbasis tindakan, inisiatif ini menunjukkan bahwa dengan upaya kolaboratif dan solusi yang tepat, kita dapat mengurangi dampak sampah plastik di lautan dan melindungi ekosistem laut untuk generasi mendatang.

2. *Clean Seas Campaign* oleh UNEP

Clean Seas Campaign oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP) adalah sebuah inisiatif global yang diluncurkan pada tahun 2017 untuk mengurangi pencemaran plastik di laut melalui kebijakan, inovasi, dan pendidikan. Kampanye ini mengajak negara-negara di seluruh dunia untuk bergabung dalam upaya kolektif memerangi sampah plastik dengan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan meningkatkan tingkat daur ulang. Dengan tujuan yang ambisius dan pendekatan yang komprehensif, *Clean Seas Campaign* berusaha untuk mengubah kebiasaan dan kebijakan di berbagai negara demi menjaga kelestarian lautan kita. Sejak diluncurkan, *Clean Seas Campaign* telah berhasil melibatkan lebih dari 60 negara yang berkomitmen untuk mengambil langkah-langkah konkret dalam mengurangi pencemaran plastik. Kampanye ini mendorong negara-negara untuk menerapkan kebijakan baru yang progresif, seperti larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai dan pengurangan penggunaan mikroplastik dalam produk konsumen. Kebijakan-kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi jumlah plastik yang berakhir di lautan, serta mempromosikan praktik-praktik yang lebih berkelanjutan dalam penggunaan dan pengelolaan plastik.

Salah satu contoh keberhasilan dari *Clean Seas Campaign* adalah peningkatan jumlah negara yang melarang penggunaan kantong plastik sekali pakai. Negara-negara seperti Kenya, Rwanda, dan India telah menerapkan larangan ini, yang berkontribusi pada pengurangan signifikan sampah plastik di lingkungan. Kebijakan semacam ini tidak hanya membantu mengurangi sampah plastik di laut, tetapi juga meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan memilih alternatif yang lebih ramah lingkungan. Selain mendorong kebijakan nasional, *Clean Seas Campaign* juga bekerja sama dengan sektor industri untuk mengembangkan solusi inovatif yang dapat mengurangi dampak plastik di laut. Kemitraan dengan perusahaan-perusahaan besar dan inovator teknologi telah menghasilkan berbagai alternatif berbasis bio yang dapat menggantikan produk plastik konvensional. Misalnya, pengembangan bahan pengemas biodegradable dan produk konsumen yang terbuat dari sumber daya terbarukan menjadi bagian penting dari upaya ini. Inovasi-inovasi ini membantu mengurangi ketergantungan pada plastik konvensional dan mendorong praktik produksi yang lebih berkelanjutan.

Pendidikan dan peningkatan kesadaran publik juga merupakan komponen utama dari *Clean Seas Campaign*. UNEP telah meluncurkan berbagai program edukatif yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang dampak negatif plastik di laut dan cara-cara untuk mengurangnya. Kampanye ini menggunakan media sosial, kampanye iklan, dan program pendidikan di sekolah-sekolah untuk menyebarkan pesan tentang pentingnya mengurangi penggunaan plastik dan memilih alternatif yang lebih ramah lingkungan. Dengan meningkatkan kesadaran publik, kampanye ini berharap dapat mengubah perilaku masyarakat dan mendorongnya untuk mengambil tindakan yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Salah satu inisiatif yang menonjol dalam kampanye ini adalah kerja sama dengan industri pariwisata dan perhotelan untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Banyak hotel dan resort di seluruh dunia telah bergabung dengan kampanye ini dan mulai menghapuskan penggunaan sedotan plastik, botol air plastik, dan produk sekali pakai lainnya. Langkah-langkah ini tidak hanya mengurangi jumlah sampah plastik yang dihasilkan oleh sektor pariwisata, tetapi juga memberikan contoh yang baik bagi para wisatawan tentang pentingnya menjaga kebersihan laut dan lingkungan. Keberhasilan *Clean Seas Campaign* juga terlihat dari banyaknya negara dan organisasi yang berkomitmen untuk mendukung inisiatif ini. Dengan lebih dari 60 negara yang telah bergabung, kampanye ini menunjukkan bahwa masalah sampah plastik di laut adalah isu global yang membutuhkan tindakan kolektif dan terpadu. Dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri, dan masyarakat, menjadi kunci dalam mencapai tujuan kampanye ini untuk mengurangi pencemaran plastik di laut.

3. *Seabin Project*

Seabin Project adalah sebuah inisiatif yang bertujuan untuk mengurangi sampah laut dengan menggunakan teknologi pemungutan sampah di pelabuhan dan area pesisir. Didirikan pada tahun 2016 oleh Andrew Turton dan Pete Ceglinski, *Seabin* adalah perangkat berbentuk silinder yang dipasang di pelabuhan untuk menangkap sampah plastik, sampah lainnya, dan minyak dari air. Proyek ini lahir dari keinginan untuk menciptakan solusi praktis yang dapat langsung diterapkan untuk menangani masalah pencemaran laut yang semakin parah. *Seabin* bekerja dengan cara yang relatif sederhana namun sangat efektif.

Perangkat ini menggunakan pompa untuk menyedot air permukaan, yang kemudian disaring untuk memisahkan sampah dan polutan. Sampah yang terkumpul disimpan dalam kantong filter yang dapat dengan mudah diambil dan dikosongkan secara berkala. Desain yang efisien ini memungkinkan Seabin untuk menangkap berbagai jenis sampah, mulai dari plastik besar hingga mikroplastik, serta menyaring minyak dan zat kimia berbahaya yang mengapung di permukaan air.

Sejak diluncurkan, Seabin telah dipasang di lebih dari 30 lokasi di seluruh dunia. Pemasangan perangkat ini dilakukan di berbagai pelabuhan, marina, dan kawasan pesisir yang sering kali menjadi titik akumulasi sampah laut. Setiap Seabin mampu mengumpulkan hingga 1,5 kilogram sampah setiap hari, atau sekitar setengah ton sampah per tahun. Total, ribuan ton sampah telah berhasil dikumpulkan oleh Seabin di seluruh dunia, menunjukkan efektivitas teknologi ini dalam mengurangi polusi laut secara signifikan. Salah satu nilai tambah dari *Seabin Project* adalah dampaknya terhadap kesadaran lingkungan. Dengan melihat langsung bagaimana sampah dikumpulkan dan disaring, orang-orang menjadi lebih sadar akan pentingnya menjaga kebersihan laut dan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. *Seabin Project* juga aktif dalam kegiatan edukasi dan kampanye kesadaran, bekerja sama dengan sekolah-sekolah, komunitas lokal, dan organisasi lingkungan untuk menyebarkan informasi tentang dampak sampah laut dan cara mengurangnya.

Seabin juga membantu dalam penelitian dan pengumpulan data. Sampah yang dikumpulkan oleh perangkat ini dianalisis untuk memahami jenis dan jumlah polutan yang ada di kawasan tersebut. Data ini sangat berharga untuk penelitian ilmiah dan pengembangan kebijakan lingkungan yang lebih efektif. Dengan demikian, Seabin tidak hanya berfungsi sebagai alat pembersih, tetapi juga sebagai sumber informasi penting tentang pencemaran laut. Inisiatif ini telah mendapatkan pengakuan internasional dan dukungan dari berbagai pihak. Pemerintah lokal, organisasi lingkungan, dan perusahaan swasta telah berpartisipasi dalam pemasangan Seabin di berbagai lokasi. Dukungan ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara sektor publik dan swasta sangat penting untuk keberhasilan proyek-proyek lingkungan seperti Seabin. Melalui kerja sama yang erat, lebih banyak pelabuhan dan marina dapat dilengkapi dengan teknologi ini, memperluas jangkauan dampak positifnya.

4. *Loop Industries*

Loop Industries merupakan perusahaan yang memimpin inovasi dalam industri daur ulang plastik dengan teknologi yang menjanjikan solusi berkelanjutan untuk masalah pencemaran plastik. Didirikan dengan visi untuk mengurangi dampak lingkungan dari sampah plastik, *Loop Industries* telah mengembangkan proses daur ulang yang canggih yang memungkinkan plastik sekali pakai diubah kembali menjadi bahan baku berkualitas tinggi. Teknologi ini berfungsi dengan cara memecah plastik menjadi monomer, yang kemudian digunakan untuk membuat plastik baru tanpa batasan kualitas, menghasilkan produk akhir yang setara dengan plastik virgin.

Proses daur ulang yang diterapkan oleh *Loop Industries* melibatkan penggunaan teknologi de-polimerisasi, yang memecah plastik menjadi komponen dasarnya monomer tereftalat etilena (PET) dan asam tereftalat (PTA). Dengan cara ini, plastik yang telah digunakan dapat diubah menjadi bahan baku yang dapat dipakai untuk memproduksi plastik baru yang setara dengan plastik virgin dalam hal kualitas dan keamanan. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk akhir tetapi juga memperluas cakupan material yang dapat didaur ulang, termasuk plastik yang selama ini sulit untuk diproses dengan metode konvensional.

Inisiatif *Loop Industries* memiliki dampak yang signifikan terhadap pengurangan jumlah sampah plastik di laut. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan baku virgin, teknologi ini membantu mengurangi volume plastik sekali pakai yang berakhir di lautan dan lingkungan. Proses daur ulang yang efisien juga mengurangi kebutuhan akan produksi plastik baru, yang pada gilirannya mengurangi emisi karbon dan dampak lingkungan dari proses pembuatan plastik. Dengan demikian, *Loop Industries* berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi pencemaran plastik dan mendukung ekonomi sirkular.

Loop Industries tidak bekerja sendirian dalam upayanya. Perusahaan ini menjalin kemitraan dengan berbagai pihak, termasuk perusahaan besar, pemerintah, dan organisasi lingkungan, untuk menerapkan teknologi secara luas dan mendukung sistem daur ulang yang lebih efisien. Kolaborasi ini mencakup pembangunan fasilitas daur ulang berskala besar yang memanfaatkan teknologi *Loop Industries*, serta inisiatif untuk meningkatkan kesadaran dan mengedukasi

masyarakat tentang pentingnya daur ulang plastik. Melalui kerja sama ini, *Loop Industries* dapat memperluas jangkauan teknologi dan meningkatkan dampak positif terhadap lingkungan.

Loop Industries juga berkomitmen untuk mendukung penelitian dan pengembangan berkelanjutan. Perusahaan ini berinvestasi dalam inovasi untuk meningkatkan efisiensi teknologi daur ulang dan membahas cara-cara baru untuk mengolah plastik dari berbagai sumber. Dengan pendekatan ini, *Loop Industries* berusaha untuk terus memimpin dalam solusi pengelolaan sampah plastik dan memenuhi tuntutan pasar yang berkembang untuk produk plastik yang ramah lingkungan. Melalui teknologi yang revolusioner dan komitmen terhadap kolaborasi global, *Loop Industries* telah menciptakan model yang menunjukkan bagaimana inovasi dapat memecahkan tantangan lingkungan besar. Dengan mengubah cara plastik didaur ulang dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku virgin, *Loop Industries* tidak hanya membantu mengurangi pencemaran plastik di laut tetapi juga mendorong pergeseran menuju ekonomi sirkular yang lebih berkelanjutan.

C. Pembelajaran dari Praktik Terbaik

Pembelajaran dari praktik terbaik dalam pengelolaan sampah laut merupakan aspek penting dalam meningkatkan efektivitas strategi pengurangan sampah dan pencemaran. Dengan menganalisis inisiatif yang telah berhasil di berbagai belahan dunia, kita dapat memperoleh wawasan berharga mengenai pendekatan yang dapat diterapkan secara luas dan adaptasi strategi yang sesuai dengan kondisi lokal.

1. Kolaborasi Multistakeholder

Kolaborasi multistakeholder merupakan kunci utama dalam keberhasilan berbagai inisiatif pengelolaan sampah laut, yang melibatkan berbagai pihak untuk mencapai tujuan bersama. Salah satu contoh sukses dari kolaborasi semacam ini adalah *The Ocean Cleanup*, sebuah inisiatif yang telah meraih perhatian global berkat kemitraan yang melibatkan ilmuwan, insinyur, pembuat kebijakan, dan sektor industri. Program ini, yang dipimpin oleh Boyan Slat, mengembangkan teknologi pemungutan sampah laut dengan memanfaatkan dukungan finansial, teknis, dan logistik dari berbagai mitra. Kolaborasi ini memungkinkan pengembangan dan penerapan teknologi yang kompleks,

seperti sistem pemungutan sampah dari permukaan laut dan teknologi Interceptor untuk menangkap sampah di sungai-sungai sebelum mencapai laut.

Keberhasilan *The Ocean Cleanup* dalam mengatasi masalah sampah laut tidak terlepas dari peran berbagai pemangku kepentingan yang menyumbangkan keahlian dan sumber daya. Ilmuwan memberikan data dan analisis yang diperlukan untuk merancang teknologi yang efektif, sementara insinyur mengembangkan dan menguji prototipe. Pembuat kebijakan membantu menciptakan kerangka hukum dan regulasi yang mendukung implementasi teknologi, sedangkan sektor industri menyediakan dukungan finansial dan material. Kolaborasi ini menghasilkan solusi yang lebih holistik dan terintegrasi, serta mempercepat penerapan teknologi di lapangan.

Contoh lain dari kolaborasi multistakeholder yang efektif adalah *Clean Seas Campaign* yang dijalankan oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP). Kampanye ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran plastik di lautan dengan melibatkan berbagai negara, sektor industri, dan organisasi non-pemerintah. Melalui kemitraan yang luas, *Clean Seas Campaign* telah mendorong negara-negara untuk menerapkan kebijakan pengurangan plastik sekali pakai dan meningkatkan kapasitas daur ulang. Organisasi non-pemerintah berperan dalam meningkatkan kesadaran publik dan melaksanakan kegiatan lapangan, sementara sektor industri mendukung inovasi dan solusi teknis.

Kolaborasi ini tidak hanya memperkuat dampak dari inisiatif tersebut, tetapi juga memastikan keberlanjutan jangka panjang dari program-program yang dijalankan. Dengan melibatkan berbagai pihak, *Clean Seas Campaign* dapat mengakses berbagai perspektif dan keahlian, yang meningkatkan kualitas dan efektivitas kebijakan yang diterapkan. Selain itu, kemitraan ini menciptakan sinergi antara berbagai aktor, yang dapat mempercepat pencapaian tujuan bersama dalam mengatasi masalah sampah laut. Dalam konteks pengelolaan sampah laut, kolaborasi multistakeholder memungkinkan integrasi berbagai pendekatan dan solusi. Misalnya, teknologi canggih yang dikembangkan oleh *The Ocean Cleanup* dapat didukung oleh kebijakan pengurangan plastik yang diterapkan melalui *Clean Seas Campaign*. Dengan menggabungkan kekuatan teknologi, kebijakan, dan tindakan

masyarakat, upaya untuk mengurangi sampah laut menjadi lebih menyeluruh dan efektif.

2. Inovasi Teknologi

Inovasi teknologi berperan yang sangat penting dalam upaya mengelola dan mengurangi dampak sampah laut. Salah satu contoh nyata dari penerapan teknologi dalam pengelolaan sampah laut adalah *Seabin Project*. Didirikan pada tahun 2016 oleh Andrew Turton dan Pete Ceglinski, *Seabin Project* berfokus pada pemanfaatan teknologi untuk membersihkan sampah dari permukaan air di pelabuhan dan area pesisir. Sistem Seabin adalah perangkat berbentuk silinder yang dipasang di lokasi-lokasi strategis seperti pelabuhan. Dengan menggunakan pompa, Seabin menarik air dari permukaan, menyaring sampah plastik, mikroplastik, dan minyak dari air sebelum mengumpulkannya dalam kantong filter di dalam perangkat. Teknologi ini telah terbukti efektif dalam mengurangi jumlah sampah yang mencapai lautan, sekaligus meningkatkan kesadaran tentang pentingnya pengelolaan sampah di lingkungan pesisir.

Penerapan *Seabin Project* menunjukkan bagaimana teknologi dapat digunakan untuk mengatasi masalah spesifik yang dihadapi di lingkungan pesisir. Dengan memasang Seabin di lebih dari 30 lokasi di seluruh dunia, proyek ini telah berhasil mengumpulkan ribuan ton sampah dari air. Selain itu, inisiatif ini juga berfungsi sebagai alat edukasi bagi masyarakat lokal dan pengunjung pelabuhan, dengan menekankan pentingnya menjaga kebersihan lingkungan laut dan meningkatkan kesadaran tentang masalah sampah laut. Inovasi teknologi juga terlihat dalam *Loop Industries*, sebuah perusahaan yang mengembangkan metode revolusioner untuk mendaur ulang plastik sekali pakai. Teknologi yang dikembangkan oleh *Loop Industries* memecah plastik menjadi monomer, bahan dasar yang dapat digunakan untuk membuat plastik baru dengan kualitas yang sama seperti plastik virgin. Proses ini memungkinkan daur ulang plastik yang lebih efisien dan berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru dan mengurangi jumlah sampah plastik yang berakhir di laut.

Teknologi *Loop Industries* bukan hanya mengatasi masalah sampah laut secara langsung, tetapi juga menawarkan solusi jangka panjang dengan menciptakan sistem daur ulang yang lebih efektif. Dengan mengubah cara plastik didaur ulang, *Loop Industries* membantu

mengurangi pencemaran plastik di laut dan dampak lingkungan dari produksi plastik. Inovasi ini menggarisbawahi pentingnya investasi dalam penelitian dan pengembangan teknologi untuk menciptakan solusi yang berdampak besar dan berkelanjutan. Kedua inisiatif ini, *Seabin Project* dan *Loop Industries*, menunjukkan bahwa inovasi teknologi dapat berperan penting dalam pengelolaan sampah laut. Dengan menggunakan teknologi untuk mengumpulkan sampah dari air dan meningkatkan efisiensi daur ulang, kita dapat mengurangi dampak sampah laut secara signifikan. Inovasi ini tidak hanya memberikan solusi praktis untuk masalah yang ada tetapi juga membuka jalan bagi pengembangan teknologi lebih lanjut yang dapat mengatasi tantangan global ini.

3. Pendidikan dan Kesadaran Publik

Pendidikan dan kesadaran publik berperan krusial dalam upaya mengurangi sampah laut dan mendorong perubahan perilaku yang berkelanjutan. Salah satu contoh yang menonjol dari pendekatan ini adalah *International Coastal Cleanup*, yang dikelola oleh *Ocean Conservancy*. Program ini melibatkan ribuan relawan dari berbagai belahan dunia untuk berpartisipasi dalam kegiatan pembersihan pantai. Setiap tahun, acara ini mengumpulkan data tentang jenis dan jumlah sampah yang ditemukan di pantai-pantai global, memberikan wawasan penting tentang tren pencemaran laut. Selain membersihkan pantai, kegiatan ini berfungsi sebagai platform edukasi yang menyebarkan informasi tentang dampak sampah laut dan mengajak individu untuk berpartisipasi dalam solusi yang lebih luas.

International Coastal Cleanup tidak hanya tentang pembersihan fisik, tetapi juga tentang pemberdayaan masyarakat. Melalui partisipasi langsung, relawan belajar tentang pentingnya pengelolaan sampah dan dampak lingkungan dari sampah plastik dan jenis sampah lainnya. Data yang dikumpulkan selama kegiatan ini digunakan untuk mendukung penelitian ilmiah dan pengembangan kebijakan, serta untuk menginformasikan upaya-upaya pencegahan pencemaran di tingkat lokal, nasional, dan internasional. Dengan melibatkan komunitas secara langsung, program ini membantu membangun rasa tanggung jawab kolektif terhadap kebersihan lingkungan laut.

Bali's Clean Sea adalah contoh inisiatif lokal yang menekankan pentingnya pendidikan dan keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan

sampah. Program ini diluncurkan untuk mengatasi masalah pencemaran sampah plastik di pantai Bali dan mengedukasi masyarakat lokal serta bisnis tentang pengurangan sampah plastik. Kampanye ini berfokus pada perubahan perilaku sehari-hari dan mempromosikan alternatif ramah lingkungan seperti penggunaan tas kain dan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai. *Bali's Clean Sea* berhasil menciptakan perubahan nyata dengan menggalang dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal.

Kampanye *Bali's Clean Sea* menunjukkan bahwa melibatkan masyarakat dalam program pengelolaan sampah dapat menghasilkan dampak yang signifikan. Dengan mengadakan workshop, seminar, dan kegiatan pendidikan lainnya, program ini membangun kesadaran tentang dampak negatif dari sampah plastik dan mendorong perubahan kebiasaan yang lebih berkelanjutan. Partisipasi aktif dari masyarakat lokal membantu memperkuat pesan program dan memastikan bahwa tindakan pengurangan sampah plastik diterima dan diadopsi secara luas.

Pendidikan dan kesadaran publik juga berperan dalam menciptakan dukungan untuk kebijakan yang mendukung pengelolaan sampah. Program seperti *Bali's Clean Sea* berkontribusi pada perubahan kebijakan lokal dengan meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya pengurangan sampah plastik dan mendorong pembuat kebijakan untuk merumuskan regulasi yang lebih ketat. Kampanye ini memperlihatkan bagaimana program pendidikan yang efektif dapat menghubungkan pengetahuan dengan tindakan nyata, mengarah pada pergeseran budaya yang mendukung lingkungan yang lebih bersih.

4. Pendekatan Terpadu

Pendekatan Terpadu dalam pengelolaan sampah laut menggabungkan berbagai strategi untuk menangani masalah ini secara menyeluruh dan efektif. Salah satu contoh utama dari pendekatan ini adalah yang diterapkan oleh *Great Barrier Reef Marine Park Authority* (GBRMPA). GBRMPA tidak hanya fokus pada pembersihan sampah dari terumbu karang dan kawasan lautnya, tetapi juga mengintegrasikan penelitian ilmiah, kebijakan pengelolaan, dan program pendidikan dalam strategi. Dengan demikian, menciptakan suatu sistem yang holistik dan terkoordinasi yang bertujuan untuk mengurangi pencemaran dan melindungi ekosistem yang sangat penting.

GBRMPA memulai usahanya dengan pembersihan teratur dari sampah laut yang terakumulasi di kawasan terumbu karang. Selain pembersihan, melakukan penelitian untuk memantau jenis dan jumlah sampah yang masuk ke area tersebut. Data yang diperoleh dari penelitian ini membantu dalam mengidentifikasi sumber pencemaran dan merancang kebijakan yang lebih efektif untuk mengurangi dampaknya. Misalnya, mengimplementasikan kebijakan yang membatasi penggunaan plastik sekali pakai dan mempromosikan praktik pengelolaan sampah yang lebih baik di komunitas lokal dan sektor industri.

Pendekatan Terpadu juga tercermin dalam *Clean Seas Campaign* yang diinisiasi oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP). Kampanye ini mengintegrasikan berbagai elemen kunci, termasuk regulasi kebijakan, inovasi teknologi, dan pendidikan masyarakat. Melalui kampanye ini, UNEP mengajak negara-negara di seluruh dunia untuk menerapkan larangan kantong plastik sekali pakai, mengembangkan teknologi pengelolaan sampah yang lebih baik, dan meningkatkan kesadaran tentang dampak plastik di laut. Pendekatan ini memastikan bahwa berbagai aspek dari masalah pencemaran plastik ditangani secara bersamaan, meningkatkan kemungkinan pencapaian hasil yang signifikan dan berkelanjutan.

Pelajaran dari GBRMPA dan *Clean Seas Campaign* menunjukkan bahwa solusi yang kompleks dan terintegrasi sering kali lebih efektif dibandingkan dengan tindakan yang terpisah-pisah. Dengan menggabungkan pembersihan langsung, penelitian, kebijakan, dan pendidikan, pendekatan ini tidak hanya mengatasi gejala masalah, tetapi juga mengatasi penyebab dasar pencemaran sampah laut. Sebagai contoh, GBRMPA memanfaatkan data penelitian untuk memperbarui dan meningkatkan kebijakan, sementara *Clean Seas Campaign* melibatkan berbagai pihak untuk menciptakan solusi yang luas dan menyeluruh.

Pendekatan Terpadu juga membantu dalam mengatasi tantangan yang lebih luas terkait pengelolaan sampah laut, seperti kurangnya infrastruktur pengelolaan sampah dan ketidakpastian dalam regulasi. Dengan menyatukan berbagai strategi, solusi ini dapat memfasilitasi perubahan sistemik yang diperlukan untuk mengurangi jumlah sampah yang mencapai laut dan meminimalkan dampaknya pada ekosistem maritim. Selain itu, penggabungan berbagai pendekatan dapat

meningkatkan efisiensi dan efektivitas program pengelolaan sampah, memungkinkan penggunaan sumber daya secara optimal.

5. Keterlibatan Sektor Swasta

Keterlibatan sektor swasta berperan krusial dalam pengelolaan sampah laut, mengingat kapasitas untuk mengembangkan teknologi inovatif, menyediakan dukungan finansial, dan mempromosikan solusi ramah lingkungan. Proyek-proyek seperti *The Ocean Cleanup* dan *Loop Industries* menonjol sebagai contoh bagaimana perusahaan swasta dapat memimpin dalam mengatasi masalah sampah laut melalui kemajuan teknologi dan inovasi. *The Ocean Cleanup*, yang didirikan oleh Boyan Slat, adalah salah satu contoh utama dari keterlibatan sektor swasta dalam pengelolaan sampah laut. Dengan fokus pada teknologi pemungutan sampah dari permukaan laut, proyek ini telah mengembangkan sistem seperti "System 001" untuk membersihkan *Great Pacific Garbage Patch*, salah satu area dengan konsentrasi sampah plastik tertinggi di dunia. Melalui investasi dan dukungan dari berbagai sektor swasta, *The Ocean Cleanup* dapat mengembangkan, menguji, dan menerapkan teknologi yang inovatif untuk memerangi pencemaran plastik. Ini menunjukkan bagaimana perusahaan swasta dapat berkontribusi secara signifikan terhadap solusi pengelolaan sampah laut dengan menggunakan keahlian teknis dan finansial.

Loop Industries mengilustrasikan bagaimana sektor swasta dapat memperkenalkan teknologi daur ulang plastik yang efisien dan berkelanjutan. Teknologi yang mengubah plastik bekas menjadi monomer berkualitas tinggi untuk produksi plastik baru berpotensi mengurangi jumlah sampah plastik yang berakhir di laut. *Loop Industries* tidak hanya menyediakan solusi teknis, tetapi juga berkolaborasi dengan perusahaan dan pemerintah untuk memperluas penerapan teknologi dan meningkatkan sistem daur ulang. Keterlibatannya menunjukkan bahwa sektor swasta memiliki kapasitas untuk membuat perubahan besar dalam cara plastik didaur ulang dan mengurangi dampak lingkungan.

Proyek Seabin adalah contoh lain dari keterlibatan sektor swasta dalam pengelolaan sampah laut. Didukung oleh teknologi yang dirancang untuk mengumpulkan sampah dari permukaan air di pelabuhan dan area pesisir, Seabin telah dipasang di berbagai lokasi di seluruh dunia. Teknologi ini membantu membersihkan sampah dari area

yang seringkali menjadi titik akumulasi sampah sebelum mencapai laut terbuka. Selain itu, *Seabin Project* juga meningkatkan kesadaran tentang pentingnya pengelolaan sampah dengan melibatkan masyarakat dan sektor bisnis lokal dalam kegiatan pembersihan.

Di Bali, *Bali's Clean Sea* adalah contoh bagaimana keterlibatan sektor swasta dapat mendukung proyek komunitas dan kebijakan lokal. Program ini melibatkan bisnis lokal dalam inisiatif pembersihan pantai dan edukasi masyarakat mengenai pengurangan penggunaan plastik. Melalui kemitraan antara sektor swasta, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah, *Bali's Clean Sea* mampu mencapai dampak yang signifikan dalam mengurangi pencemaran plastik dan mempromosikan alternatif ramah lingkungan. Keterlibatan sektor swasta dalam pengelolaan sampah laut memberikan banyak keuntungan, termasuk inovasi teknologi, dukungan finansial, dan promosi solusi berkelanjutan. Kemitraan antara bisnis, pemerintah, dan masyarakat dapat memperkuat upaya pengelolaan sampah dan meningkatkan keberlanjutan program-program tersebut. Dengan mengintegrasikan sumber daya dan keahlian dari berbagai pihak, proyek-proyek ini menunjukkan potensi besar untuk mengatasi masalah sampah laut secara efektif.

Pembelajaran dari keterlibatan sektor swasta membahas pentingnya kolaborasi antara sektor bisnis dan publik. Melalui dukungan finansial, teknis, dan promosi solusi ramah lingkungan, sektor swasta dapat membantu mendorong kemajuan dalam pengelolaan sampah laut. Kolaborasi yang kuat antara sektor swasta, pemerintah, dan masyarakat tidak hanya meningkatkan efektivitas program, tetapi juga memastikan keberlanjutan dan dampak jangka panjang dalam perlindungan lingkungan laut.



BAB X

PENDEKATAN TERINTEGRASI DALAM PENGELOLAAN SAMPAH LAUT

Pengelolaan sampah laut memerlukan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi, mengingat kompleksitas dan dampak luas dari masalah ini. Pendekatan terintegrasi menggabungkan berbagai strategi dan tindakan yang melibatkan semua pihak terkait, mulai dari pemerintah, sektor swasta, masyarakat, hingga lembaga internasional. Ini bertujuan untuk menciptakan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan dalam mengatasi sampah laut, yang tidak hanya mencakup pembersihan dan pengelolaan, tetapi juga pencegahan, edukasi, dan kolaborasi multi-sektor.

Pendekatan ekosistem merupakan salah satu elemen kunci dalam strategi terintegrasi ini. Pendekatan ini melihat pengelolaan sampah laut sebagai bagian dari sistem ekosistem yang lebih besar, yang melibatkan interaksi kompleks antara elemen biologis, kimia, dan fisik di laut. Dengan memahami bagaimana sampah laut mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan, kebijakan dan tindakan dapat disesuaikan untuk memitigasi dampak negatif secara efektif. Pendekatan ini juga mencakup pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan dan integrasi data ilmiah dalam pembuatan keputusan.

A. Pendekatan Ekosistem

Pendekatan ekosistem dalam pengelolaan sampah laut adalah strategi yang melihat keseluruhan sistem lingkungan, bukan hanya masalah sampah secara terpisah. Pendekatan ini menekankan pentingnya memahami interaksi antara berbagai komponen ekosistem laut, termasuk

spesies, habitat, dan proses ekologis, untuk merancang solusi yang holistik dan efektif. Pendekatan ini mencakup berbagai metode dan prinsip yang dirancang untuk meminimalkan dampak negatif dari sampah laut terhadap kesehatan ekosistem dan untuk mempromosikan pemulihan ekosistem secara keseluruhan.

1. Pendekatan Berbasis Ekosistem (*Ecosystem-Based Management*)

Pendekatan Berbasis Ekosistem (*Ecosystem-Based Management* atau EBM) adalah suatu metode pengelolaan yang menekankan pentingnya memahami dan menjaga keseluruhan ekosistem, serta hubungan kompleks antara berbagai elemen di dalamnya. EBM bertujuan untuk melestarikan fungsi dan layanan ekosistem sambil memastikan bahwa penggunaan sumber daya alam dilakukan dengan cara yang berkelanjutan dan tidak merusak keseimbangan ekosistem. Pendekatan ini sangat relevan dalam konteks pengelolaan sampah laut, yang memerlukan integrasi berbagai strategi untuk mengatasi masalah secara menyeluruh dan efektif (McLeod et al., 2012). Pada pengelolaan sampah laut, EBM menganggap bahwa laut dan pesisir adalah bagian dari sistem ekosistem yang kompleks, di mana aktivitas manusia dapat mempengaruhi berbagai elemen secara bersamaan. EBM mencakup perlindungan habitat laut, seperti terumbu karang dan padang lamun, yang berperan kunci dalam menjaga kesehatan ekosistem laut dan menyediakan habitat bagi banyak spesies. Dengan mengelola dan melindungi habitat ini, EBM membantu memitigasi dampak negatif sampah laut dan memastikan bahwa ekosistem tetap berfungsi dengan baik.

EBM juga melibatkan pengelolaan spesies laut untuk memastikan bahwa populasi ikan dan organisme lainnya tetap stabil dan tidak terancam oleh aktivitas manusia. Pengelolaan spesies melibatkan penerapan regulasi dan kebijakan yang membatasi penangkapan ikan berlebihan dan memastikan bahwa spesies yang rentan terlindungi dari eksploitasi yang merugikan. Pendekatan ini penting untuk mencegah dampak negatif dari sampah laut, seperti terjeratnya spesies dalam puing-puing plastik. Pencegahan pencemaran adalah komponen kunci dari EBM. Dalam konteks sampah laut, pencegahan mencakup upaya untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke laut melalui berbagai strategi, seperti pengurangan penggunaan plastik sekali pakai,

peningkatan sistem pengelolaan limbah, dan pendidikan publik tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan. EBM mengintegrasikan pencegahan pencemaran ke dalam kerangka kerja pengelolaan yang lebih luas untuk memastikan bahwa semua aspek pengelolaan sumber daya laut diperhatikan secara bersamaan.

Pendekatan berbasis ekosistem juga mencakup pemantauan dan penilaian berkelanjutan untuk mengevaluasi kesehatan ekosistem dan efektivitas strategi pengelolaan. Melalui pemantauan yang rutin, perubahan dalam kondisi ekosistem dapat terdeteksi lebih awal, memungkinkan respons yang cepat terhadap potensi masalah sebelum dampaknya menjadi lebih parah. Penilaian berkelanjutan membantu dalam mengadaptasi dan memperbaiki strategi pengelolaan untuk memenuhi tujuan keberlanjutan. Pentingnya EBM dalam pengelolaan sampah laut terletak pada kemampuannya untuk melihat ekosistem secara holistik dan menangani berbagai aspek yang saling terkait. Dengan mengintegrasikan perlindungan habitat, pengelolaan spesies, dan pencegahan pencemaran dalam satu kerangka kerja, EBM menyediakan pendekatan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah sampah laut. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa upaya pengelolaan tidak hanya berfokus pada masalah yang tampak tetapi juga mempertimbangkan dampak jangka panjang pada kesehatan ekosistem.

2. Pendekatan Terpadu (*Integrated Coastal Zone Management*)

Pendekatan Terpadu dalam pengelolaan zona pesisir, atau *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM), adalah metode holistik yang mengintegrasikan berbagai aspek pengelolaan lingkungan, sosial, dan ekonomi untuk mencapai tujuan keberlanjutan dalam kawasan pesisir. ICZM bertujuan untuk menghadapi isu-isu kompleks yang mempengaruhi wilayah pesisir, seperti pencemaran sampah laut, perubahan iklim, dan pengembangan pesisir, dengan cara yang terkoordinasi dan berkelanjutan (Ahlhorn, 2017). Pendekatan ICZM menekankan pentingnya integrasi antara berbagai sektor dan pemangku kepentingan dalam pengelolaan kawasan pesisir. Ini melibatkan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, masyarakat lokal, dan organisasi non-pemerintah untuk merumuskan dan melaksanakan strategi yang dapat mengatasi berbagai masalah secara bersamaan. Dengan melibatkan semua pihak yang terkait, ICZM memastikan bahwa

kepentingan dan kebutuhan berbagai kelompok diperhatikan dan dijadikan dasar dalam perencanaan dan pengambilan keputusan.

Salah satu komponen kunci dari ICZM adalah pengelolaan pencemaran, termasuk sampah laut. Dengan menggabungkan berbagai strategi untuk mengurangi dan mengelola sampah laut, ICZM dapat mengurangi dampak negatif pencemaran terhadap ekosistem pesisir dan kesehatan manusia. Ini mencakup upaya untuk mengurangi sumber pencemaran, seperti membatasi penggunaan plastik sekali pakai, serta meningkatkan sistem pengelolaan limbah dan daur ulang di kawasan pesisir. Pendekatan ICZM juga memperhatikan perubahan iklim dan dampaknya terhadap kawasan pesisir. Ini melibatkan strategi adaptasi yang dirancang untuk mengurangi kerentanan kawasan pesisir terhadap perubahan iklim, seperti kenaikan permukaan laut dan cuaca ekstrem. Contohnya, perencanaan tata ruang pesisir yang memperhitungkan risiko perubahan iklim dapat membantu melindungi infrastruktur dan masyarakat dari dampak yang merugikan.

Pengembangan pesisir merupakan aspek lain yang diintegrasikan dalam ICZM. Pendekatan ini mendorong pengembangan yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan dampak lingkungan dan sosial dari kegiatan pembangunan. Ini berarti merencanakan dan melaksanakan proyek pengembangan dengan cara yang meminimalkan kerusakan ekosistem dan memastikan manfaat bagi komunitas lokal. ICZM membantu menyeimbangkan kebutuhan pembangunan dengan kebutuhan perlindungan lingkungan. Pemantauan dan penilaian berkelanjutan adalah bagian integral dari ICZM. Untuk memastikan bahwa strategi yang diterapkan efektif dan relevan, ICZM melibatkan pemantauan kondisi lingkungan dan sosial secara rutin. Data yang dikumpulkan dari pemantauan ini digunakan untuk mengevaluasi dampak dari tindakan pengelolaan dan untuk menyesuaikan strategi sesuai dengan perubahan kondisi atau kebutuhan yang baru.

Pendekatan ICZM menawarkan solusi komprehensif dan terintegrasi untuk pengelolaan kawasan pesisir. Dengan menggabungkan berbagai strategi dalam satu kerangka kerja, ICZM memungkinkan pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan dari isu-isu kompleks yang mempengaruhi zona pesisir. Pendekatan ini mengedepankan kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan dan perhatian terhadap dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi untuk mencapai keberlanjutan kawasan pesisir. Dengan menerapkan ICZM, kawasan

pesisir dapat dikelola dengan cara yang memperhitungkan semua aspek dan kepentingan yang terlibat, sehingga menghasilkan solusi yang lebih holistik dan berkelanjutan. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa kegiatan manusia di kawasan pesisir dilakukan dengan cara yang mendukung kesehatan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat, sambil menghadapi tantangan lingkungan yang kompleks dan beragam.

3. Pendekatan Berbasis Kinerja (*Performance-Based Approaches*)

Pendekatan Berbasis Kinerja dalam pengelolaan sampah laut adalah metode yang menekankan pencapaian hasil yang spesifik dan terukur untuk memastikan efektivitas strategi yang diterapkan. Dengan fokus pada hasil yang dapat diukur, pendekatan ini memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan penyesuaian strategi berdasarkan data yang objektif, sehingga meningkatkan peluang keberhasilan dalam mengurangi pencemaran sampah laut (Pelorosso, 2020). Pendekatan ini dimulai dengan penetapan indikator kinerja yang jelas, yang berfungsi sebagai ukuran untuk menilai kemajuan dan keberhasilan tindakan yang diambil. Indikator kinerja ini bisa mencakup berbagai aspek, seperti jumlah sampah yang dikumpulkan, pengurangan volume sampah yang masuk ke laut, atau peningkatan tingkat daur ulang. Dengan indikator ini, organisasi dan pemerintah dapat memantau efektivitas program dan kebijakan pengelolaan sampah laut secara real-time.

Setelah indikator kinerja ditetapkan, langkah berikutnya adalah penetapan target yang spesifik dan terukur. Target ini memberikan arah dan fokus bagi tindakan yang diambil, serta memungkinkan evaluasi yang lebih objektif mengenai apakah hasil yang diinginkan telah tercapai. Misalnya, sebuah kebijakan pengurangan sampah plastik dapat menetapkan target untuk mengurangi penggunaan kantong plastik sekali pakai sebesar 50% dalam waktu lima tahun. Pendekatan berbasis kinerja juga melibatkan pengumpulan data dan pemantauan berkelanjutan untuk menilai pencapaian terhadap indikator dan target. Data ini dapat diperoleh melalui berbagai metode, termasuk survei lapangan, laporan dari program pembersihan, dan sistem pemantauan otomatis. Dengan informasi yang akurat dan terkini, pengelola dapat membuat keputusan yang lebih baik mengenai penyesuaian strategi dan alokasi sumber daya.

Evaluasi berkala terhadap hasil kinerja sangat penting dalam pendekatan ini. Evaluasi ini membantu menentukan apakah strategi yang diterapkan efektif atau perlu disesuaikan. Proses evaluasi ini sering kali

melibatkan analisis data untuk mengidentifikasi tren, tantangan, dan area yang memerlukan perbaikan. Misalnya, jika target pengurangan sampah plastik tidak tercapai, evaluasi dapat membantu menentukan apakah ada kelemahan dalam kebijakan atau pelaksanaan yang perlu diperbaiki. Pendekatan berbasis kinerja juga mendorong transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan sampah laut. Dengan adanya indikator dan target yang jelas, masyarakat, pemangku kepentingan, dan pembuat kebijakan dapat melihat hasil dari upaya yang dilakukan dan menilai apakah program atau kebijakan tersebut memenuhi harapan. Hal ini dapat meningkatkan kepercayaan publik dan mendorong partisipasi aktif dalam upaya pengelolaan sampah.

4. Pendekatan Ekosistem Terumbu Karang (*Coral Reef Ecosystem Management*)

Pendekatan Ekosistem Terumbu Karang (*Coral Reef Ecosystem Management*) merupakan metode khusus dalam pengelolaan yang fokus pada perlindungan dan pemulihan ekosistem terumbu karang, yang merupakan salah satu ekosistem laut yang paling penting dan rentan. Terumbu karang memberikan berbagai layanan ekosistem, termasuk perlindungan pesisir, habitat bagi keanekaragaman hayati, dan dukungan untuk ekonomi lokal. Namun, menghadapi ancaman serius dari sampah laut, pencemaran, dan kerusakan fisik, yang memerlukan pendekatan pengelolaan yang holistik dan terintegrasi (Steneck et al., 2018). Pendekatan ini dimulai dengan upaya perlindungan untuk mengurangi dampak langsung dari sampah laut. Ini termasuk pembersihan terumbu karang dari sampah yang masuk ke ekosistem tersebut, seperti plastik, logam, dan jaring ikan yang hilang. Proyek pembersihan ini biasanya melibatkan relawan dan profesional yang menyelam untuk mengangkat sampah dari terumbu karang, serta upaya untuk mencegah sampah baru masuk ke area tersebut. Selain pembersihan, program pendidikan dan kesadaran juga penting untuk mengurangi pembuangan sampah di laut.

Pendekatan ekosistem terumbu karang juga mencakup perlindungan dan rehabilitasi habitat terumbu karang itu sendiri. Terumbu karang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, termasuk pencemaran dan kerusakan fisik. Oleh karena itu, pengelolaan harus melibatkan upaya untuk menjaga kualitas air, mengurangi run-off dari daratan yang dapat membawa pencemar, serta perlindungan terhadap aktivitas manusia yang merusak. Program pengelolaan ini

sering kali melibatkan pengaturan zona perlindungan laut dan pembatasan aktivitas tertentu di sekitar terumbu karang. Pendekatan ini juga mengintegrasikan penelitian ilmiah untuk memahami lebih baik bagaimana sampah laut dan pencemaran mempengaruhi ekosistem terumbu karang. Penelitian ini penting untuk mengidentifikasi sumber pencemaran, memantau kondisi terumbu karang, dan mengembangkan strategi pemulihan yang efektif. Data yang diperoleh dari penelitian ini membantu dalam merumuskan kebijakan dan tindakan pengelolaan yang berbasis bukti.

Kolaborasi dengan berbagai pihak, termasuk pemerintah, organisasi non-pemerintah (NGO), komunitas lokal, dan sektor swasta, merupakan elemen kunci dalam pendekatan ekosistem terumbu karang. Setiap pihak memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda, tetapi kerja sama sangat penting untuk mencapai tujuan pengelolaan yang efektif. Misalnya, NGO mungkin terlibat dalam pembersihan dan pemulihan, sementara pemerintah dapat menetapkan regulasi dan kebijakan perlindungan. Pentingnya keterlibatan masyarakat lokal dalam pendekatan ini juga tidak bisa diabaikan. Masyarakat lokal sering kali bergantung pada ekosistem terumbu karang untuk mata pencaharian dan memiliki pengetahuan lokal yang berharga. Program-program yang melibatkan masyarakat dalam pengelolaan dan perlindungan terumbu karang dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi, serta memastikan bahwa upaya pengelolaan sesuai dengan kebutuhan dan kepentingan lokal.

B. Kolaborasi Antar Sektor

Kolaborasi antar sektor adalah pendekatan yang menggabungkan berbagai aktor, baik dari sektor publik, swasta, dan masyarakat sipil, untuk menangani masalah sampah laut secara efektif dan berkelanjutan. Pendekatan ini penting karena masalah sampah laut adalah isu kompleks yang memerlukan sinergi antara berbagai pihak dengan keahlian, sumber daya, dan mandat yang berbeda. Kolaborasi ini melibatkan koordinasi antara pemerintah, industri, organisasi non-pemerintah (NGO), akademisi, dan komunitas lokal untuk mencapai solusi yang holistik dan berkelanjutan.

1. Peran Pemerintah

Pemerintah memiliki peran sentral dalam pengelolaan sampah laut melalui kebijakan, regulasi, dan inisiatif yang mengarahkan dan memfasilitasi kolaborasi antara berbagai sektor. Peran ini melibatkan pembuatan kerangka hukum yang mendukung pengelolaan yang efektif, merancang regulasi yang mengatur aktivitas manusia di lingkungan pesisir dan laut, serta mengkoordinasikan upaya antara sektor publik, sektor swasta, dan masyarakat sipil. Salah satu tanggung jawab utama pemerintah adalah pengembangan dan penerapan kebijakan yang memberikan pedoman jelas untuk pengelolaan sampah laut. Kebijakan ini sering mencakup larangan atau pembatasan terhadap penggunaan bahan berbahaya seperti plastik sekali pakai, regulasi tentang pengelolaan limbah industri, serta pembuatan zona perlindungan laut untuk mengurangi dampak pencemaran. Pemerintah dapat menginisiasi kebijakan nasional yang berkoordinasi dengan kebijakan lokal untuk memastikan bahwa pengelolaan sampah laut dilakukan secara konsisten di seluruh wilayah (Jambeck et al., 2015).

Pemerintah juga bertanggung jawab untuk merancang dan menegakkan regulasi yang mengatur berbagai sektor dan aktivitas yang berdampak pada laut. Misalnya, regulasi dapat mencakup standar untuk pengelolaan limbah di industri, aturan tentang penggunaan bahan ramah lingkungan, dan persyaratan untuk teknologi pembersihan sampah laut. Regulasi ini harus diimplementasikan secara efektif dan disertai dengan sanksi untuk pelanggaran, guna memastikan kepatuhan dan perlindungan lingkungan. Pemerintah juga berperan penting dalam memfasilitasi kolaborasi antar sektor melalui forum dan mekanisme koordinasi. Dengan menciptakan platform dialog antara pemerintah, sektor swasta, dan organisasi non-pemerintah, pemerintah dapat membantu menjembatani perbedaan kepentingan dan memastikan bahwa semua pihak berkontribusi dalam solusi pengelolaan sampah laut. Forum ini memungkinkan berbagi informasi, penyelarasan strategi, dan pencapaian kesepakatan bersama mengenai kebijakan dan inisiatif.

Inisiatif pemerintah dapat mencakup pendanaan untuk penelitian dan pengembangan teknologi baru yang mendukung pengelolaan sampah laut. Dengan menyediakan dana untuk proyek inovatif dan mendukung penelitian ilmiah, pemerintah dapat mendorong pengembangan solusi yang efektif untuk mengatasi pencemaran plastik dan sampah laut. Investasi dalam teknologi seperti sistem pemantauan

dan pembersihan sampah laut juga penting untuk meningkatkan kapasitas penanganan sampah. Selain itu, pemerintah dapat mendukung kampanye kesadaran publik melalui program pendidikan dan informasi. Inisiatif ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai dampak sampah laut dan cara-cara untuk mengurangi kontribusi individu terhadap pencemaran. Program pendidikan yang efektif dapat membantu mengubah perilaku masyarakat, mempromosikan pengurangan penggunaan plastik, dan mendorong partisipasi dalam aksi bersih.

2. Peran Sektor Swasta

Sektor swasta berperan kunci dalam pengelolaan sampah laut melalui berbagai cara yang melibatkan inovasi teknologi, investasi dalam praktik berkelanjutan, dan kemitraan dengan pemerintah serta organisasi non-pemerintah (NGO). Perusahaan-perusahaan memiliki kapasitas untuk mengembangkan teknologi baru, mengurangi jejak plastik, dan berkontribusi melalui program tanggung jawab sosial perusahaan (CSR), yang kesemuanya berpotensi besar dalam mengatasi masalah sampah laut. Salah satu kontribusi utama sektor swasta adalah melalui inovasi teknologi. Perusahaan sering kali berada di garis depan dalam mengembangkan solusi baru untuk mengelola dan mengurangi sampah laut. Contoh nyata adalah *The Ocean Cleanup* yang mengembangkan teknologi pemungutan sampah laut dengan perangkat berbentuk U yang memanfaatkan arus laut untuk menangkap plastik. Teknologi ini tidak hanya membantu dalam mengurangi jumlah sampah di laut, tetapi juga meningkatkan efisiensi proses pembersihan. Perusahaan seperti *Seabin Project* juga berkontribusi dengan perangkat pembersih berbentuk silinder yang dipasang di pelabuhan untuk menangkap sampah dari permukaan air. Inovasi ini menunjukkan bagaimana sektor swasta dapat berperan penting dalam pengembangan teknologi yang berkelanjutan dan efektif.

Investasi dalam praktik berkelanjutan merupakan aspek penting lainnya dari peran sektor swasta. Banyak perusahaan yang mulai mengadopsi strategi untuk mengurangi jejak plastik dengan mengganti kemasan sekali pakai dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Contohnya adalah *Loop Industries* yang mengembangkan teknologi untuk mendaur ulang plastik sekali pakai menjadi bahan baku berkualitas tinggi. Investasi ini membantu mengurangi kebutuhan akan plastik virgin

dan mendorong praktik daur ulang yang lebih efisien. Perusahaan juga dapat menerapkan sistem pengelolaan limbah yang lebih baik di fasilitas produksi, meminimalkan limbah yang berakhir di laut. Kemitraan dengan pemerintah dan NGO merupakan bagian integral dari kontribusi sektor swasta. Melalui kolaborasi ini, perusahaan dapat memanfaatkan keahlian, sumber daya, dan jaringan yang ada untuk meningkatkan dampak pengelolaan sampah laut. Program tanggung jawab sosial perusahaan (CSR) sering melibatkan inisiatif pembersihan pantai, pendidikan lingkungan, dan dukungan untuk proyek-proyek konservasi laut. Misalnya, perusahaan dapat berkolaborasi dengan organisasi seperti *Surfrider Foundation* atau *Plastic Pollution Coalition* dalam kampanye kesadaran dan upaya pembersihan. Kemitraan ini tidak hanya mendukung tujuan lingkungan tetapi juga meningkatkan citra perusahaan di mata publik.

Sektor swasta dapat berperan dalam mempromosikan kebijakan dan regulasi yang mendukung pengelolaan sampah laut. Perusahaan dapat terlibat dalam proses pembuatan kebijakan dengan memberikan masukan tentang dampak regulasi terhadap operasional, serta mendukung kebijakan yang mendorong praktik ramah lingkungan. Melalui advokasi kebijakan, sektor swasta dapat membantu membentuk lingkungan regulasi yang mendukung pengurangan pencemaran plastik dan promosi teknologi bersih. Sektor swasta juga dapat berkontribusi dalam riset dan pengembangan yang berkaitan dengan pengelolaan sampah laut. Dengan berinvestasi dalam penelitian, perusahaan dapat mengidentifikasi solusi baru dan lebih efektif untuk menangani sampah laut. Riset ini dapat mencakup pengembangan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan, teknik baru untuk mengolah dan mendaur ulang plastik, dan metode inovatif untuk mengurangi pencemaran di sumbernya.

3. Peran Organisasi Non-Pemerintah (NGO)

Organisasi non-pemerintah (NGO) berperan yang sangat penting dalam pengelolaan sampah laut dengan bertindak sebagai penggerak perubahan, pendukung kebijakan, dan pelaksana proyek lapangan. Melalui berbagai inisiatif dan kemitraan, NGO membantu mengatasi masalah sampah laut dengan cara yang inovatif dan berdampak luas. NGO sering menjadi pelopor dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak sampah laut, meluncurkan kampanye

informasi yang bertujuan untuk mendidik publik tentang bahaya plastik dan pentingnya pengelolaan sampah. Contohnya, *Plastic Pollution Coalition* menjalankan kampanye untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan mengedukasi masyarakat tentang alternatif yang ramah lingkungan. Kampanye-kampanye ini sering kali menggunakan media digital, acara publik, dan publikasi untuk mencapai audiens yang luas dan mempromosikan perubahan perilaku.

NGO berperan sebagai pendukung kebijakan dengan mempengaruhi pembuatan regulasi dan kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan sampah laut. Bekerja sama dengan pembuat kebijakan untuk mengembangkan dan menerapkan peraturan yang dapat mengurangi pencemaran plastik di lautan. Organisasi seperti *Surfrider Foundation* terlibat dalam advokasi untuk kebijakan lingkungan yang lebih ketat, termasuk larangan kantong plastik sekali pakai dan pembatasan mikroplastik dalam produk konsumen. Upaya ini membantu menciptakan kerangka regulasi yang mendukung pengelolaan sampah laut secara lebih efektif. Di bidang penelitian, NGO juga berperan yang signifikan. Seringkali terlibat dalam studi dan penelitian yang berfokus pada dampak sampah laut dan solusi potensial untuk masalah ini. Misalnya, *Ocean Conservancy* melakukan studi mengenai jenis sampah yang paling umum ditemukan di pantai-pantai dan bagaimana hal itu mempengaruhi ekosistem laut. Penelitian ini memberikan data penting yang dapat digunakan untuk merumuskan kebijakan dan strategi pengelolaan yang lebih baik.

Proyek pembersihan dan konservasi adalah salah satu area di mana NGO berperan aktif. Proyek seperti *Seabin Project*, yang mengembangkan perangkat untuk mengumpulkan sampah dari pelabuhan dan area pesisir, menunjukkan bagaimana NGO dapat menerapkan solusi praktis untuk masalah sampah laut. Melalui proyek-proyek lapangan ini, NGO tidak hanya membersihkan lingkungan tetapi juga mengumpulkan data yang berguna untuk memahami lebih baik pola pencemaran dan dampaknya. Kolaborasi antara NGO, sektor swasta, dan pemerintah adalah elemen penting dari strategi pengelolaan sampah laut. NGO sering menjembatani komunikasi dan kerjasama antara berbagai pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa upaya pengelolaan dilakukan secara komprehensif dan terkoordinasi, memfasilitasi dialog dan kolaborasi yang memungkinkan berbagai pihak untuk bekerja bersama-sama dalam mencapai tujuan pengelolaan yang lebih luas.

NGO juga berkontribusi pada pengembangan dan penerapan teknologi baru. Dengan bekerja sama dengan ilmuwan dan insinyur, membantu menciptakan solusi teknologi inovatif untuk mengatasi masalah sampah laut. Teknologi seperti alat pemungut sampah dan sistem monitoring yang dikembangkan oleh NGO sering kali menjadi bagian dari strategi pengelolaan yang lebih luas. Peran NGO dalam pengelolaan sampah laut sangat multifaset dan integral, meningkatkan kesadaran, mempengaruhi kebijakan, menjalankan proyek-proyek lapangan, melakukan penelitian, dan berkolaborasi dengan berbagai pihak. Dengan kontribusinya yang luas dan beragam, NGO membantu mengatasi tantangan sampah laut dengan cara yang holistik dan berkelanjutan, serta berperan penting dalam menjaga kesehatan dan keberlanjutan ekosistem laut.

4. Peran Akademisi

Akademisi berperan krusial dalam pengelolaan sampah laut melalui kontribusinya dalam penelitian, pengembangan teknologi, dan penyediaan data yang diperlukan untuk memahami dan mengatasi masalah ini. Melalui berbagai metode ilmiah dan kolaborasi, akademisi membantu menjembatani kesenjangan antara pengetahuan ilmiah dan aplikasi praktis yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak sampah laut. Penelitian akademis merupakan salah satu pilar utama dalam memahami kompleksitas masalah sampah laut. Peneliti dari berbagai disiplin ilmu, seperti ekologi, biologi kelautan, dan ilmu lingkungan, melakukan studi mendalam untuk mengidentifikasi sumber pencemaran, dampak terhadap ekosistem, dan efektivitas berbagai metode pengelolaan.

Akademisi berperan dalam pengembangan teknologi yang inovatif untuk mengatasi masalah sampah laut, sering bekerja sama dengan sektor swasta dan NGO untuk menciptakan solusi teknis yang dapat diterapkan di lapangan. Contoh yang menonjol adalah penelitian tentang alat pemungut sampah yang dikembangkan oleh tim ilmuwan dan insinyur, yang kemudian diimplementasikan dalam proyek seperti *The Ocean Cleanup*. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan sampah plastik dari lautan dengan cara yang efisien dan terukur, berkat desain dan pengembangan yang berbasis pada penelitian ilmiah. Penyediaan data juga merupakan kontribusi penting dari akademisi. Data yang dikumpulkan dari penelitian ilmiah membantu membangun dasar

pengetahuan yang solid mengenai distribusi dan karakteristik sampah laut. Ini termasuk data tentang jenis sampah yang ditemukan, lokasi pencemaran, dan dampak terhadap ekosistem. Data tersebut digunakan untuk memodelkan tren pencemaran dan merancang kebijakan yang lebih efektif dalam pengelolaan sampah laut.

Kolaborasi antara akademisi, sektor swasta, pemerintah, dan NGO adalah kunci dalam menerjemahkan temuan ilmiah menjadi kebijakan dan praktik yang efektif. Akademisi sering terlibat dalam proses pembuatan kebijakan dengan memberikan saran berbasis bukti dan rekomendasi yang dapat diterapkan. Misalnya, hasil penelitian tentang dampak sampah plastik dapat mempengaruhi kebijakan pengurangan plastik sekali pakai dan peraturan daur ulang. Kolaborasi ini memastikan bahwa kebijakan yang diadopsi didasarkan pada pemahaman ilmiah yang mendalam dan dapat mengatasi masalah dengan cara yang terinformasi. Akademisi juga berperan dalam pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan kapasitas manusia dalam mengelola masalah sampah laut.

C. Inisiatif Lokal dan Global

Pengelolaan sampah laut memerlukan tindakan yang berskala lokal maupun global, mengingat luasnya dampak dan kompleksitas masalah ini. Inisiatif lokal dan global berperan penting dalam mengatasi pencemaran laut dan mengurangi dampak sampah laut pada lingkungan, ekosistem, dan masyarakat.

1. Inisiatif Lokal

Inisiatif lokal sering kali melibatkan komunitas, pemerintah daerah, dan organisasi non-pemerintah untuk menangani masalah sampah laut secara langsung di daerah. Inisiatif ini mencakup program pembersihan pantai, pendidikan masyarakat, dan pengelolaan sampah.

a. Program Pembersihan Pantai

Program pembersihan pantai merupakan tindakan langsung dan efektif untuk mengurangi jumlah sampah yang mencemari pantai dan lautan. Program ini biasanya melibatkan relawan dari komunitas setempat yang secara aktif berpartisipasi dalam kegiatan pengumpulan sampah. Salah satu contoh program pembersihan pantai yang terkenal adalah *International Coastal*

Cleanup (ICC), yang diorganisir oleh *Ocean Conservancy*. ICC merupakan acara global yang menggalang partisipasi dari ribuan relawan di seluruh dunia untuk membersihkan pantai dan perairan, serta mengumpulkan data tentang jenis dan jumlah sampah yang ditemukan.

Di tingkat lokal, program pembersihan pantai sering kali dikoordinasikan oleh organisasi lingkungan atau lembaga pemerintah setempat. Kegiatan ini tidak hanya fokus pada pembersihan fisik, tetapi juga melibatkan proses pendataan yang mendetail mengenai jenis sampah yang ditemukan. Data ini kemudian digunakan untuk memahami sumber dan pola pencemaran, serta untuk merumuskan strategi pencegahan yang lebih efektif. Misalnya, program pembersihan pantai di suatu daerah mungkin menemukan bahwa sebagian besar sampah berasal dari sumber tertentu, seperti botol plastik atau kantong belanja, yang dapat mengarahkan upaya edukasi masyarakat tentang pengurangan sampah.

Program pembersihan pantai juga berperan penting dalam meningkatkan kesadaran publik mengenai dampak sampah laut. Dengan melibatkan masyarakat dalam aktivitas langsung, program ini memberikan pengalaman nyata tentang masalah pencemaran dan pentingnya tindakan preventif. Relawan yang terlibat sering kali menjadi duta untuk perubahan perilaku, mempromosikan kebiasaan berkelanjutan seperti pengurangan penggunaan plastik sekali pakai dan peningkatan daur ulang.

b. Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat

Edukasi dan kesadaran masyarakat merupakan kunci utama dalam upaya pengelolaan sampah laut yang efektif. Program-program edukasi yang menyasar masyarakat lokal berfokus pada penyampaian informasi tentang dampak sampah laut serta cara-cara praktis untuk mengurangi jejak plastik individu. Salah satu pendekatan utama adalah melalui penyelenggaraan program edukasi di sekolah-sekolah, di mana anak-anak diajarkan tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan dampak negatif sampah plastik terhadap ekosistem laut. Program-program ini sering kali melibatkan aktivitas praktis seperti proyek seni berbasis daur ulang atau kunjungan

lapangan ke pantai untuk melihat langsung dampak sampah laut.

Di tingkat komunitas, edukasi dapat dilakukan melalui workshop, seminar, dan acara penyuluhan. Kegiatan-kegiatan ini bertujuan untuk mengedukasi masyarakat tentang teknik-teknik pengelolaan sampah yang lebih baik, seperti penggunaan tas belanja yang dapat digunakan kembali, pengurangan penggunaan produk plastik sekali pakai, dan pentingnya daur ulang. Selain itu, kampanye media sosial juga berperan penting dalam menyebarkan pesan-pesan tentang pengurangan sampah plastik dan perilaku berkelanjutan. Melalui platform seperti Instagram, Facebook, dan Twitter, informasi dapat disebarluaskan dengan cepat kepada audiens yang lebih luas dan mendorong perubahan perilaku di kalangan pengguna media sosial.

Kampanye media sosial sering kali menggunakan konten visual yang menarik, seperti infografis dan video pendek, untuk meningkatkan keterlibatan dan penyebaran pesan. Penggunaan teknologi seperti aplikasi ponsel pintar untuk melacak dan mengurangi jejak plastik pribadi juga dapat memperkuat kesadaran dan aksi individu. Dengan memanfaatkan teknologi dan platform digital, pesan-pesan tentang pengelolaan sampah dapat menjangkau audiens yang lebih luas dan beragam.

c. Pengelolaan Sampah Lokal

Pengelolaan sampah lokal adalah aspek krusial dalam mencegah sampah masuk ke laut dan mengurangi pencemaran lingkungan pesisir. Beberapa daerah telah berhasil mengembangkan sistem pengelolaan sampah yang komprehensif dan efektif untuk menangani sampah dari sumbernya. Sistem ini sering kali mencakup pengumpulan sampah yang efisien, pengelolaan limbah padat, dan daur ulang. Pengumpulan sampah dilakukan secara terjadwal dan terorganisir, memastikan bahwa sampah dikumpulkan dan dibuang dengan cara yang aman dan tidak mencemari lingkungan (Jambeck et al., 2015).

Sistem daur ulang yang baik adalah kunci untuk mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir dan potensi sampah yang mencemari lautan.

Daerah-daerah ini sering kali menerapkan program pemilahan sampah di rumah tangga, di mana warga diharapkan untuk memisahkan bahan organik, plastik, kertas, dan logam. Bahan-bahan yang dapat didaur ulang kemudian diolah menjadi produk baru, mengurangi kebutuhan akan bahan baku virgin dan mengurangi beban sampah di lautan.

Inisiatif untuk mengurangi produksi sampah juga berperan penting. Beberapa daerah menerapkan kebijakan yang mendorong pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, seperti larangan kantong plastik dan penerapan tarif pada produk plastik. Selain itu, ada program edukasi yang mengajarkan masyarakat tentang cara-cara untuk mengurangi sampah di tingkat rumah tangga, seperti menggunakan produk yang dapat digunakan kembali dan mengurangi pembelian barang yang tidak perlu.

2. Inisiatif Global

Inisiatif global berfokus pada pendekatan yang luas dan terkoordinasi untuk menangani masalah sampah laut di tingkat internasional. Ini melibatkan kerjasama antara negara-negara, organisasi internasional, dan lembaga penelitian untuk mengatasi masalah sampah laut secara holistik.

a. Konvensi Internasional dan Kebijakan Global

Konvensi internasional dan kebijakan global adalah pilar utama dalam upaya koordinasi dan pengelolaan sampah laut di tingkat internasional. Instrumen ini menetapkan kerangka kerja yang seragam dan target global untuk mengurangi pencemaran laut, yang sering kali melibatkan kerjasama antara negara-negara anggota, organisasi internasional, dan sektor terkait. Salah satu contoh utama adalah Konvensi Basel tentang Kontrol Perpindahan Sampah Berbahaya dan Pembuangannya, yang membatasi ekspor sampah berbahaya ke negara-negara berkembang dan mendorong pengelolaan yang bertanggung jawab. Selain Konvensi Basel, Konvensi Internasional untuk Pengendalian dan Penanganan Air Ballast dan Sedimen Kapal (*BWM Convention*) berperan dalam mengurangi pencemaran dari kapal, yang juga merupakan sumber utama sampah laut. Konvensi ini menetapkan standar untuk pengelolaan air ballast

kapal, yang sering kali membawa spesies invasif dan kontaminan.

Kebijakan global seperti Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan, khususnya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 14 tentang kehidupan bawah air, menyediakan kerangka luas untuk melindungi dan memulihkan ekosistem laut. SDG 14 menekankan pentingnya mengurangi pencemaran plastik di laut dan mendukung tindakan kolektif untuk mengatasi masalah ini secara global. Konvensi internasional dan kebijakan global berfungsi sebagai panduan utama untuk mengarahkan upaya pengelolaan sampah laut, menciptakan standar dan target yang mendukung upaya nasional dan lokal, memastikan bahwa strategi yang diterapkan di berbagai belahan dunia saling melengkapi dan berkontribusi pada tujuan global untuk menjaga kebersihan lautan.

b. Proyek dan Kemitraan Global

Proyek dan kemitraan global berperan vital dalam mengatasi masalah sampah laut melalui pendekatan yang terintegrasi dan inovatif. Salah satu contoh penting adalah proyek "*The Ocean Cleanup*," yang bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah plastik di lautan melalui teknologi canggih. Inisiatif ini menggabungkan upaya dari berbagai negara, ilmuwan, dan sektor swasta untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pemungutan sampah yang efektif di area dengan konsentrasi tinggi, seperti *Great Pacific Garbage Patch*. Kemitraan global seperti "*Clean Seas Campaign*" yang diluncurkan oleh *United Nations Environment Programme* (UNEP) juga merupakan contoh nyata dari usaha kolektif. Kampanye ini mengumpulkan dukungan dari lebih dari 60 negara untuk mengurangi pencemaran plastik dengan menetapkan kebijakan pengurangan plastik sekali pakai dan mempromosikan alternatif ramah lingkungan.

Inisiatif global lainnya termasuk proyek "*Global Ghost Gear Initiative*" (GGGI) yang bekerja untuk mengatasi masalah gear ikan yang hilang atau dibuang di laut. Proyek ini melibatkan kemitraan antara NGO, pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal untuk mengurangi dampak gear ikan terhadap kehidupan laut dan mendorong pengelolaan yang lebih

baik. Proyek dan kemitraan global menyatukan berbagai aktor dari seluruh dunia untuk mengatasi masalah sampah laut secara komprehensif.

c. Penelitian dan Data Global

Penelitian dan pengumpulan data global berperan kunci dalam memerangi masalah sampah laut. Organisasi internasional seperti *United Nations Environment Programme* (UNEP) dan *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) dari UNESCO memimpin berbagai inisiatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data terkait sampah laut. Inisiatif-inisiatif ini mencakup pemantauan distribusi sampah plastik, identifikasi sumber pencemaran, serta analisis dampak lingkungan dan kesehatan dari sampah laut. Salah satu contohnya adalah program "*Global Plastic Pollution Observatory*" yang diinisiasi oleh UNEP. Program ini mengumpulkan data tentang konsentrasi plastik di lautan dari berbagai lokasi di seluruh dunia. Data ini digunakan untuk memahami pola pencemaran plastik, mengidentifikasi area dengan tingkat pencemaran tinggi, dan merumuskan kebijakan pengelolaan yang lebih efektif.

Proyek "SeaWaste" yang dikelola oleh *International Maritime Organization* (IMO) juga berfokus pada pengumpulan data mengenai sampah laut yang dihasilkan dari aktivitas maritim. Data yang diperoleh dari proyek ini membantu dalam merancang strategi pencegahan dan pengelolaan yang ditujukan untuk mengurangi sampah yang dihasilkan dari kapal dan kegiatan pelayaran. Penelitian dan pengumpulan data global memberikan wawasan yang penting mengenai masalah sampah laut dan mendukung pengembangan solusi berbasis bukti. Data yang akurat dan terperinci memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik, perencanaan kebijakan yang lebih efektif, dan pelaksanaan program yang dapat mengurangi dampak sampah laut secara signifikan.



BAB XI

KESIMPULAN

Untuk menghadapi tantangan global yang semakin mendesak terkait sampah laut, pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi menjadi sangat penting. Sampah laut, yang terdiri dari berbagai jenis bahan dan berasal dari beragam sumber, memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap ekosistem laut, keanekaragaman hayati, dan proses ekologi. Berbagai jenis sampah laut, termasuk plastik, logam, dan bahan kimia berbahaya, telah terbukti mengancam kesehatan laut dan mempengaruhi kehidupan laut secara luas. Sumber dan penyebab utama dari sampah laut mencakup aktivitas manusia seperti pembuangan limbah yang tidak terkelola dengan baik, kegiatan industri, dan konsumsi berlebihan produk sekali pakai. Proses pembentukan sampah laut melibatkan berbagai mekanisme, mulai dari penumpukan di darat hingga pergerakan melalui sungai dan aliran laut, yang kemudian terakumulasi di area-area tertentu seperti gyre samudra.

Distribusi dan pergerakan sampah laut di laut sangat dipengaruhi oleh pola geografis, mekanisme pergerakan, dan berbagai faktor yang mempengaruhi distribusi. Pola distribusi geografis sampah laut menunjukkan konsentrasi tinggi di area tertentu, seperti gyre samudra, yang menjadi pusat akumulasi sampah karena sirkulasi laut. Mekanisme pergerakan sampah laut melibatkan interaksi kompleks antara arus laut, angin, dan faktor-faktor fisik lainnya. Pemahaman yang mendalam mengenai mekanisme ini membantu dalam perencanaan dan implementasi strategi pembersihan yang lebih efektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi termasuk pola arus laut, kecepatan angin, dan topografi dasar laut, yang semuanya berkontribusi pada bagaimana sampah laut bergerak dan terakumulasi.

Dampak ekologis sampah laut sangat besar dan meluas. Ekosistem laut yang terganggu oleh sampah laut mengalami kerusakan yang signifikan, termasuk pencemaran dan perusakan habitat.

Keanekaragaman hayati laut juga terancam, karena berbagai spesies terpapar bahan berbahaya, mengalami keracunan, atau terjebak dalam sampah. Proses ekologi laut, seperti siklus nutrisi dan interaksi spesies, juga terganggu, mengakibatkan ketidakseimbangan yang dapat mempengaruhi seluruh rantai makanan laut. Dampak ini berpotensi merusak ekosistem secara keseluruhan dan mengancam kelangsungan hidup spesies laut yang vital bagi keseimbangan ekologi.

Dampak sosial dan ekonomi dari sampah laut tidak kalah signifikan. Di sektor perikanan, sampah laut menyebabkan kerusakan pada peralatan tangkap, mengurangi kualitas hasil tangkapan, dan berdampak pada pendapatan nelayan. Pariwisata dan rekreasi juga terpengaruh, karena sampah laut dapat merusak keindahan pantai dan mengurangi daya tarik destinasi wisata, yang berdampak negatif pada pendapatan ekonomi lokal. Infrastruktur dan kesehatan masyarakat juga terancam, karena sampah laut dapat mencemari sumber air, merusak struktur pantai, dan menimbulkan risiko kesehatan dari bahan berbahaya yang terkandung dalam sampah.

Pengelolaan dan pengendalian sampah laut memerlukan pendekatan yang terintegrasi, melibatkan kebijakan, teknologi, dan partisipasi masyarakat. Kebijakan dan regulasi yang efektif, seperti pembatasan penggunaan plastik sekali pakai dan kebijakan pengelolaan limbah, sangat penting untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke laut. Teknologi dan inovasi, termasuk metode pemantauan dan pembersihan berbasis teknologi tinggi, juga berperan penting dalam mengelola sampah laut secara lebih efisien. Peran masyarakat dan lembaga non-pemerintah dalam pengumpulan data, advokasi, dan tindakan langsung juga tidak bisa diabaikan, karena seringkali menjadi pelopor dalam upaya pembersihan dan kesadaran publik.

Studi kasus dan praktik terbaik dari berbagai negara menunjukkan bahwa pendekatan lokal dan global yang terkoordinasi dapat menghasilkan solusi yang efektif. Program-program seperti pembersihan pantai, kebijakan pengurangan plastik, dan inisiatif internasional seperti The Global Partnership on Marine Litter menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi dampak sampah laut. Pembelajaran dari praktik terbaik menunjukkan bahwa strategi yang melibatkan kolaborasi antar sektor dan dukungan masyarakat, serta penerapan teknologi inovatif, adalah kunci untuk mencapai hasil yang berkelanjutan dalam pengelolaan sampah laut.



DAFTAR PUSTAKA

- Abreo, N. A. S., Siblos, S. K. V., & Macusi, E. D. (2020). Anthropogenic marine debris (AMD) in mangrove forests of Pujada Bay, Davao Oriental, Philippines. *Journal of Marine and Island Cultures*, 9(1), 34–48.
- Agamuthu, P., Mehran, S. B., Norkhairah, A., & Norkhairiyah, A. (2019). *Marine debris: A review of impacts and global initiatives. Waste Management & Research*, 37(10), 987–1002.
- Ahlhorn, F. (2017). *Integrated Coastal Zone Management: Status, Challenges and Prospects*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://books.google.co.id/books?id=KO8mDwAAQBAJ>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22.
- Arwini, N. P. D. (2022). Sampah Plastik Dan Upaya Pengurangan Timbulan Sampah Plastik. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(1), 72–82.
- Bank, M. S. (2021). *Microplastic in the Environment: Pattern and Process*. Springer International Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=clJHEAAAQBAJ>
- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C. G., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics pollution in the marine environment. In *World seas: An environmental evaluation* (pp. 305–328). Elsevier.
- Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C., & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of the Total Environment*, 717, 134625.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & 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., Gutow, L., & Klages, M. (2016). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing.

- https://books.google.co.id/books?id=_tVhvgAACAAJ
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Browne, M. A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2010). Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology*, 44(9), 3404–3409.
- Bundela, A. K., & Pandey, K. K. (2022). *The United Nations general assembly passes historic resolution to beat plastic pollution*. Springer.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (2015). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Ravenio Books. <https://books.google.co.id/books?id=KCTrCgAAQBAJ>
- Carpenter, E. J., & Smith Jr, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241.
- Cheung, C. K. H., & Not, C. (2023). Impacts of extreme weather events on microplastic distribution in coastal environments. *Science of The Total Environment*, 904, 166723.
- Citaristi, I. (2022). *United Nations Environment Programme—UNEP. In The Europa Directory of International Organizations 2022* (pp. 193–199). Routledge.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47(12), 6646–6655.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597.
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158.
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53(12), 7068–7074.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., Palma, Á. T., Navarro, S., García-de-Lomas, J., & Ruiz, A. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239–

10244.

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
<https://books.google.co.id/books?id=s4ViswEACAAJ>
- da Silva Videla, E., & de Araujo, F. V. (2021). Marine debris on the Brazilian coast: which advances in the last decade? A literature review. *Ocean & Coastal Management*, 199, 105400.
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405–1416.
- Denzin, N. K. (2017). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. Routledge.
<https://books.google.co.id/books?id=UjcpxFE0T4cC>
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. SAGE Publications.
https://books.google.co.id/books?id=qEiC-_ELYgIC
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852.
- Directive, S. F. (2008). Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council. *Journal. Council Decision Of*.
- do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352–364.
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., & Rifman, S. (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1–2), 71–76.
- Fereday, J., & Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International Journal of Qualitative Methods*, 5(1), 80–92.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. SAGE Publications.
<https://books.google.co.id/books?id=c0Wk9IuBmAoC>
- Fink, A. (2016). *How to Conduct Surveys: A Step-by-Step Guide*. SAGE Publications.
<https://books.google.co.id/books?id=ZY8RswEACAAJ>
- Fitzmaurice, M. (2023). The international convention for the prevention

- of pollution from ships (MARPOL). In *Research Handbook on Ocean Governance Law* (pp. 91–108). Edward Elgar Publishing.
- Flick, U. (2022). *The SAGE Handbook of Qualitative Research Design*. SAGE Publications.
<https://books.google.co.id/books?id=6dJjEAAAQBAJ>
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., & De Vrees, L. (2013). Marine litter within the European marine strategy framework directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055–1064.
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- Gola, D., Tyagi, P. K., Arya, A., Chauhan, N., Agarwal, M., Singh, S. K., & Gola, S. (2021). The impact of microplastics on marine environment: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 100552.
- González, R., Durante, C., Arcagni, M., Juncos, R., Seco Pon, J., Crespo, E., & Narvarte, M. (2021). Effects of pollution in aquatic food chains. *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems*, 61–89.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA). (2016). *Marine science and marine and aquatic practices: Year 11 and 12*.
- Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013–2025.
- Grinnell Jr, R. M., & Unrau, Y. (2005). *Social work research and evaluation: Quantitative and qualitative approaches*. Cengage Learning.
- Guest, G., Macqueen, K., & Namey, E. (2012). Applied Thematic Analysis. In *Thousand Oaks, CA: Sage Publications*.
<https://doi.org/10.4135/9781483384436>
- Halik, I. (2024). *IDENTIFIKASI SAMPAH LAUT (MARINE DEBRIS) UKURAN MAKRO DAN MESO BERDASARKAN JENIS, JUMLAH DAN MASSA DI LAHUDAPE KECAMATAN KENDARI BARAT TAMAN MANGROVE KOTA KENDARI*.
- Harding, S. (2016). *Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity*.

- Hartley, B. L., Pahl, S., Veiga, J., Vlachogianni, T., Vasconcelos, L., Maes, T., Doyle, T., Metcalfe, R. d'Arcy, Öztürk, A. A., & Di Berardo, M. (2018). Exploring public views on marine litter in Europe: Perceived causes, consequences and pathways to change. *Marine Pollution Bulletin*, *133*, 945–955.
- Haward, M. (2018). Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance. *Nature Communications*, *9*(1), 667.
- Iminova, A. S., & Ivanova, E. G. (2018). New technologies for ocean cleaning. *Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies*, 335–340.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, *347*(6223), 768–771.
- Jang, Y. C., Hong, S., Lee, J., Lee, M. J., & Shim, W. J. (2014). Estimation of lost tourism revenue in Geoje Island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, *81*(1), 49–54.
- Ji, C.-Y., Guo, J.-T., Ye, R.-C., Yin, Q.-L., Xu, W.-Y., & Yuan, Z.-M. (2022). Experimental study of an ocean surface cleaning system. *Ocean Engineering*, *249*, 110937.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications. https://books.google.co.id/books?id=bnN_DwAAQBAJ
- Kedzierski, M., Villain, J., Falcou-Préfol, M., Kerros, M. E., Henry, M., Pedrotti, M. L., & Bruzard, S. (2019). Microplastics in Mediterranean Sea: A protocol to robustly assess contamination characteristics. *PLoS One*, *14*(2), e0212088.
- Kershaw, P. J., Turra, A., & Galgani, F. (2019). *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean*.
- Khan, S., Naushad, M., Govarthan, M., Iqbal, J., & Alfadul, S. M. (2022). Emerging contaminants of high concern for the environment: Current trends and future research. *Environmental Research*, *207*, 112609.
- Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). *Reliability and Validity in Qualitative Research* (Issue v. 1). SAGE Publications.

https://books.google.co.id/books?id=YDFZlq_KM88C

- Koottatep, T., Winijkul, E., Xue, W., Panuvatvanich, A., Visvanathan, C., Pussayanavin, T., Limphitakphong, N., & Polprasert, C. (2023). *Marine Plastics Abatement: Technology, Management, Business and Future Trends (Volume 2)*. IWA Publishing.
- Kumar, R., Verma, A., Shome, A., Sinha, R., Sinha, S., Jha, P. K., Kumar, R., Kumar, P., Shubham, & Das, S. (2021). Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions. *Sustainability*, *13*(17), 9963.
- Ladomery, M. (2024). *The peer review process: Past, present, and future*.
- Laist, D. W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, *18*(6), 319–326.
- Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., & Murphy, M. B. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, *369*(6510), 1455–1461.
- Lebreton, L. C. M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, *8*(1), 15611.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., & Levivier, A. (2018). Evidence that the *Great Pacific Garbage Patch* is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–15.
- Levitus, S., Antonov, J. I., Boyer, T. P., Baranova, O. K., Garcia, H. E., Locarnini, R. A., Mishonov, A. V., Reagan, J. R., Seidov, D., & Yarosh, E. S. (2012). World ocean heat content and thermocline sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, *39*(10).
- Liao, F., Wang, X. H., & Fredj, E. (2023). Forecasting *marine debris* spill accumulation patterns in the south-eastern Australia water: an intercomparison between global ocean forecast models. *Ocean Dynamics*, *73*(2), 91–106.
- Lovison, S. (2018). *Taking Action against the Rising Tide of Marine Plastic Pollution. A Case Study of the Surfrider Foundation*. UC Santa Barbara.

- Macarthur, E., & Heading, H. (2019). How the circular economy tackles climate change. *Ellen MacArthur Found*, 1, 1–71.
- Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*. (Issue 523).
- MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., & Jahnke, A. (2021). The global threat from plastic pollution. *Science*, 373(6550), 61–65.
- McIlgorm, A., Campbell, H. F., & Rule, M. J. (2011). The economic cost and control of *marine debris* damage in the Asia-Pacific region. *Ocean & Coastal Management*, 54(9), 643–651.
- McLeod, K., Leslie, H., Aburto, M., Alessa, L., de los Angeles Carvajal, M., Barr, B., Barbier, E. B., Boesch, D. F., Boyd, J., & Crowder, L. B. (2012). *Ecosystem-Based Management for the Oceans*. Island Press. <https://books.google.co.id/books?id=yn4mL6u35tMC>
- Mora, C., Spirandelli, D., Franklin, E. C., Lynham, J., Kantar, M. B., Miles, W., Smith, C. Z., Freel, K., Moy, J., & Louis, L. V. (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change*, 8(12), 1062–1071.
- Murtagh, F., & Heck, A. (2012). *Multivariate Data Analysis*. Springer Netherlands. <https://books.google.co.id/books?id=LZfuCAAQBAJ>
- Nama, S., & Prusty, S. (2021). *Ghost gear: the most dangerous marine litter endangering ocean*. *Food Sci. Rep*, 2(5).
- Nama, S., Shanmughan, A., Nayak, B. B., Bhushan, S., & Ramteke, K. (2023). Impacts of *marine debris* on coral reef ecosystem: A review for conservation and ecological monitoring of the coral reef ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 189, 114755.
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 39–45.
- Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., Lindeque, P. K., & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: a review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(2), 165–181.
- Ningsih, N. W., Putra, A., Anggara, M. R., & Suriadin, H. (2020). Identifikasi Sampah Laut Berdasarkan Jenis dan Massa di Perairan Pulau Lae-Lae Kota Makassar. *Jurnal Pengelolaan Perikanan*

Tropis, 4(2), 10–18.

NOAA. (2013). *Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP)*.

Oberoi, G., & Garg, A. (2021). Single-use plastics: A roadmap for sustainability? *Supremo Amicus*, 24, 585.

Ocean Conservancy. (2016). *30th anniversary international coastal cleanup*.

Olsen, A., Key, R. M., Van Heuven, S., Lauvset, S. K., Velo, A., Lin, X., Schirnack, C., Kozyr, A., Tanhua, T., & Hoppema, M. (2016). The Global Ocean Data Analysis Project version 2 (GLODAPv2)—an internally consistent data product for the world ocean. *Earth System Science Data*, 8(2), 297–323.

Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40–54.

Pelamatti, T., Fonseca-Ponce, I. A., Rios-Mendoza, L. M., Stewart, J. D., Marín-Enríquez, E., Marmolejo-Rodriguez, A. J., Hoyos-Padilla, E. M., Galván-Magaña, F., & González-Armas, R. (2019). Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in Banderas Bay, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 604–610.

Pelorusso, R. (2020). Modeling and urban planning: A systematic review of performance-based approaches. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101867.

Purba, N. P., Handyman, D. I. W., Pribadi, T. D., Syakti, A. D., Pranowo, W. S., Harvey, A., & Ihsan, Y. N. (2019). Marine debris in Indonesia: A review of research and status. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 134–144.

Rakib, M. R. J., Sarker, A., Ram, K., Uddin, M. G., Walker, T. R., Chowdhury, T., Uddin, J., Khandaker, M. U., Rahman, M. M., & Idris, A. M. (2023). Microplastic toxicity in aquatic organisms and aquatic ecosystems: a review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(1), 52.

Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L. M., Takada, H., Teh, S., & Thompson, R. C. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494(7436), 169–171.

Rochman, C. M., Browne, M. A., Underwood, A. J., Van Franeker, J. A.,
202 **The Ecology and Management of Marine Debris**

- Thompson, R. C., & Amaral-Zettler, L. A. (2016). The ecological impacts of *marine debris*: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology*, 97(2), 302–312.
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F.-C., Werorilangi, S., & Teh, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5(1), 1–10.
- Saldana, J. (2021). *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. SAGE Publications. <https://books.google.co.id/books?id=RwcVEAAAQBAJ>
- Schröder, P., & Chillcott, V. (2019). The politics of marine plastics pollution. In *The Circular Economy and the Global South* (pp. 43–56). Routledge.
- Shah, S. B. (2021). Heavy metals in the marine environment—an overview. *Heavy Metals in Scleractinian Corals*, 1–26.
- Shaikh, I. V., & Shaikh, V. A. E. (2021). A comprehensive review on assessment of plastic debris in aquatic environment and its prevalence in fishes and other aquatic animals in India. *Science of The Total Environment*, 779, 146421.
- Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., & Van Diemen, S. (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.
- Sivadas, S. K., Mishra, P., Kaviarasan, T., Sambandam, M., Dhineka, K., Murthy, M. V. R., Nayak, S., Sivyer, D., & Hoehn, D. (2022). Litter and plastic monitoring in the Indian marine environment: A review of current research, policies, waste management, and a roadmap for multidisciplinary action. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113424.
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, 5, 375–386.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & Zu Ermgassen, P. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82, 104–113.
- Steneck, R. S., Mumby, P. J., MacDonald, C., Rasher, D. B., & Stoyle, S. J. (2002). *Marine Resilience: How Ecosystems Recover from Crises*. Sinauer Associates, Inc.

- G. (2018). Attenuating effects of ecosystem management on coral reefs. *Science Advances*, 4(5), eaao5493.
- Subiyanto, S., Akhmad, F., Ahmad, M. F., & Supian, S. (2023). Numerical Modelling Techniques for Marine Debris: A Systematic Literature Review. *International Journal of Quantitative Research and Modeling*, 4(3), 120–125.
- Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & Purwiyanto, A. I. S. (2021). Stranded *marine debris* on the touristic beaches in the south of Bali Island, Indonesia: The spatiotemporal abundance and characteristic. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113026.
- Ter Halle, A., Jeanneau, L., Martignac, M., Jardé, E., Pedrono, B., Brach, L., & Gigault, J. (2017). Nanoplastic in the North Atlantic subtropical gyre. *Environmental Science & Technology*, 51(23), 13689–13697.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838.
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8).
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (Vol. 2). Graphics press Cheshire, CT.
- Unuofin, J. O., & Igwaran, A. (2023). Microplastics in seafood: Implications for food security, safety, and human health. *Journal of Sea Research*, 194, 102410.
- Vince, J., & Hardesty, B. D. (2017). Plastic pollution challenges in marine and coastal environments: from local to global governance. *Restoration Ecology*, 25(1), 123–128.
- Weis, J. S. (2015). *Marine Pollution: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press. <https://books.google.co.id/books?id=VYdNEAAAQBAJ>
- Weis, Judith S., & De Falco, F. (2022). Microfibers: Environmental problems and textile solutions. *Microplastics*, 1(4), 626–639.
- Werner, S., Budziak, A., Van Franeker, J. A., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., & Priestland, E. (2016). *Harm caused by marine litter*.
- Wilson, D. C., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., Velis, K., Iyer, M., & Simonett, O. (2015). *Global waste management*

outlook. UNEP.

Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic *marine debris*. *Environmental Science & Technology*, *47*(13), 7137–7146.



GLOSARIUM

Biodegradasi	Proses alami di mana bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme menjadi komponen yang lebih sederhana dan tidak berbahaya.
Biomagnifikasi	Proses di mana konsentrasi bahan kimia berbahaya meningkat di setiap tingkat rantai makanan.
Ekosistem Laut	Sistem lingkungan di bawah permukaan laut yang melibatkan interaksi antara organisme laut dan lingkungan fisik.
Eutrofikasi	Proses penambahan nutrisi berlebih ke dalam badan air, sering kali menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan dan penurunan kualitas air.
Fotosintesis	Proses di mana tanaman dan alga menghasilkan makanan dari karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari.
Fragmentasi	Proses pemecahan sampah besar menjadi bagian-bagian kecil akibat cuaca, arus laut, atau aktivitas manusia.
Hidrokarbon	Senyawa organik yang terdiri dari hidrogen dan karbon, sering kali terdapat dalam minyak dan gas bumi.
Mikroorganisme	Organisme mikroskopis seperti bakteri, virus, dan jamur yang hidup di lingkungan laut dan berperan dalam proses ekosistem.
Mikroplastik	Partikel plastik kecil, kurang dari 5 mm, yang berasal dari fragmentasi plastik lebih besar atau diproduksi dalam ukuran kecil untuk produk tertentu.
Oceanscape:	Konsep visualisasi dan pemahaman tentang lanskap laut dan ekosistemnya dalam konteks perencanaan dan manajemen lingkungan.
Ozonosfer	Lapisan atmosfer yang mengandung ozon, yang melindungi bumi dari sinar ultraviolet berbahaya dari matahari.
Plankton	Organisme mikroskopis yang melayang di permukaan laut, termasuk fitoplankton (tanaman) dan zooplankton (hewan).

Polusi Plastik	Kontaminasi lingkungan laut dengan partikel dan benda plastik yang berpotensi merusak ekosistem laut dan kesehatan makhluk hidup.
Sampah Laut	Benda-benda buangan yang tidak diinginkan dan dibuang ke laut, termasuk plastik, logam, dan material lainnya.
Sedimentasi	Proses pengendapan partikel padat dari air, yang dapat mempengaruhi kualitas air dan habitat laut.
Timbunan	Kumpulan atau penumpukan sampah atau debris yang mengendap di suatu lokasi, sering kali sebagai hasil dari akumulasi dan pengumpulan sampah laut.
Toksisitas	Kemampuan suatu zat untuk menyebabkan kerusakan atau gangguan pada makhluk hidup atau lingkungan.
Upcycling	Proses mengubah sampah atau bahan tidak terpakai menjadi produk baru yang memiliki nilai lebih tinggi.
Zonasi Laut	Pembagian area laut menjadi zona-zona tertentu untuk tujuan pengelolaan, perlindungan, dan pemanfaatan sumber daya secara efektif.



INDEKS

A

akademik · 36, 54

D

distribusi · 15, 28, 29, 30, 33,
38, 49, 51, 52, 65, 75, 79, 81,
82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89,
90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97,
108, 112, 113, 136, 137, 138,
156, 187, 192, 193
domestik · 57, 62, 68, 70, 84,
150

E

ekonomi · 4, 10, 17, 19, 23, 24,
26, 28, 33, 34, 103, 115, 116,
117, 118, 119, 120, 121, 122,
124, 128, 131, 159, 166, 167,
177, 178, 180, 194
emisi · 166
empiris · 30

F

finansial · 4, 116, 117, 118,
119, 120, 121, 124, 125, 168,
173, 174
fleksibilitas · 38, 138

fundamental · 110

G

geografis · 30, 79, 80, 83, 193

I

implikasi · 34, 47, 51, 97, 101,
102, 105
infrastruktur · 4, 9, 68, 69, 88,
97, 107, 115, 116, 117, 123,
124, 133, 135, 154, 158, 173,
178
inklusif · 159
inovatif · 18, 27, 108, 144, 147,
148, 151, 153, 161, 162, 163,
173, 182, 184, 186, 191, 194
integrasi · 32, 144, 169, 175,
176, 177
integritas · 44
interaktif · 139, 140, 158
investasi · 119, 121, 124, 170,
173, 183

K

kolaborasi · 32, 34, 133, 151,
153, 155, 162, 166, 167, 168,
169, 174, 175, 177, 178, 182,
184, 185, 186, 194
komoditas · 7

komprehensif · 19, 25, 26, 27,
28, 29, 32, 33, 36, 45, 112,
117, 132, 153, 154, 155, 163,
175, 177, 178, 185, 189, 192,
193
konkret · 12, 14, 38, 47, 141,
143, 147, 161, 163
konsistensi · 35, 46, 53, 54, 55,
56

M

metodologi · 28, 35, 36, 45, 54
mikroorganisme · 78, 104

N

Nutrisi · 64, 108

R

real-time · 138, 140, 148, 152,
179

regulasi · 14, 16, 18, 26, 39, 67,
71, 72, 73, 95, 118, 129, 131,
146, 148, 150, 151, 154, 155,
156, 157, 161, 168, 171, 172,
173, 176, 181, 182, 184, 185,
194
relevansi · 36, 37, 55

S

stabilitas · 5, 96, 100, 103, 122
sustainability · 202

T

tarif · 125, 190
transformasi · 111
transparansi · 180

W

workshop · 152, 154, 158, 159,
171, 189

BIOGRAFI PENULIS



Awaluddin, A.Pi., M.S.T.Pi.

Lahir di Watampone, 13 April 1975, Lulus DIV di Program Studi Teknologi Akuakultur Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Jakarta 1997. Lulus S2 di Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Peminatan Konservasi pada Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta (STP) 2012. Guru di Sekolah Usaha Perikanan (SUPM) Bone 2001-2017, dan 2017 sampai saat ini Dosen di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone pada Program Studi Teknik Kelautan.



Khairul Jamil, S.P., M.Si.

Lahir di Enrekang, 14 Februari 1971, Lulus S1 di Program Studi Agronomi Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian (STIP Al Gazali Makassar saat ini Universitas Islam Makassar 1995. Lulus S2 di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor (IPB) 2005. Dosen di Akademi Perikanan Bitung/Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung 2007-2016, dan 2016 sampai saat ini Dosen di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone pada Program Studi Teknik Kelautan.



Hawati, S.Pd., M.Pi.

Penulis dilahirkan di Ujung Pandang, pada tanggal 15 September 1996 sebaga anak ketiga dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Sampara Dg. Ngoyo dan Ibu Hajira Dg Bau. Penulis mengawali Pendidikan di SD Negeri Mamajang 2 dan lulus tahun 1981. Kemudian pada tahun 1981-1984 penulis menempuh pendidikan di Sekolah Lanjutan Pertama Jongaya dan melanjutkan pendidikan di SMAK Negeri Ujung Pandang dan lulus pada tahun 1988. Pada Tahun 1997 - 2000 penulis menyelesaikan pendidikan di APP Malang. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di STKIP Bone, program studi Ilmu Sosial. Selanjutnya pada Tahun 2018 penulis menyelesaikan Pendidikan S2 di Universitas Terbuka Jurusan Manajemen Perikanan. Saat ini, Penulis terdaftar sebagai dosen KKP yang mengajar di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone, Program Studi Teknik Kelautan. Untuk Meningkatkan Kompetensi penulis mengikuti pelatihan pelatihan di antaranya canva for education, optimalisasi model pembelajaran problem base learning, kewirausahaan, keselamatan kerja dan lain lain. Selain itu, penulis juga mengikuti seminar seminar untuk pengembangan jurnal penelitian.



Mohammad Roin Najih, S.St.Pi., M.Si

Lahir di Palembang, 18 Juli 1984, Lulus S2 di Program Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin pada tahun 2017. Saat ini sebagai Dosen di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone pada Program Studi Teknik Kelautan. Bertugas sebagai Kepala Pusat Inkubator Bisnis dan Pengembangan Kewirausahaan di Politeknik Kelautan dan Perikanan Bone dari tahun 2023 hingga sekarang.

Buku Referensi

THE ECOLOGY AND MANAGEMENT OF MARINE DEBRIS

Buku referensi "The Ecology and Management of Marine Debris" adalah panduan komprehensif yang menyelidiki dampak dan solusi terkait masalah sampah laut yang semakin mendesak. Buku referensi ini membahas berbagai aspek sampah laut, mulai dari jenis dan sumbernya, dampaknya terhadap ekosistem laut dan kehidupan laut, hingga metode pembersihan dan pengelolannya. Dengan mengintegrasikan hasil penelitian terbaru dan praktik terbaik di lapangan, buku referensi ini memberikan wawasan yang mendalam tentang bagaimana sampah laut mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan kesehatan lingkungan. Dari fragmentasi plastik menjadi mikroplastik hingga upaya-upaya inovatif dalam manajemen dan pembersihan laut, buku referensi ini memberikan pendekatan multi-disiplin untuk memahami dan menangani masalah ini. Disertai dengan studi kasus global dan lokal, buku referensi ini bertujuan untuk menjadi referensi penting bagi ilmuwan, pembuat kebijakan, dan aktivis lingkungan yang berfokus pada pelestarian laut dan pengelolaan sampah.



 mediapenerbitindonesia.com
 +6281362150605
 Penerbit Idn
 @pt.mediapenerbitidn

