

**Editor**  
**Alfi Kusuma Admaja**  
**Disnawati**



# **PENCEMARAN LAUT DAN TRANSFER POLUTAN**

**Syamsidar Gaffar**  
**Zhulian Hikmah Hasibuan**  
**Ranno Marlany Rachman**  
**Najamuddin**  
**Waode Munaeni**  
**Sulistiowati**  
**Muhammad Aris**  
**Desliana Opie Harliani**  
**Tiara Santeri**  
**Nurul Fatimah Yunita**  
**Ahmad Sundoko**  
**Rr. Dyah Paramitha Mentari**

# **PENCEMARAN LAUT dan TRANSFER POLUTAN**

## **Penulis**

Syamsidar Gaffar  
Zhulian Hikmah Hasibuan  
Ranno Marlany Rachman  
Najamuddin  
Waode Munaeni  
Sulistiowati  
Muhammad Aris  
Desliana Opie Harliani  
Tiara Santeri  
Nurul Fatimah Yunita  
Ahmad Sundoko  
Rr. Dyah Paramitha Mentari

## **Editor**

Alfi Kusuma Admaja  
Disnawati



**PENERBIT**

**PT. KAMIYA JAYA AQUATIC**

# **PENCEMARAN LAUT DAN TRANSFER POLUTAN**

**Penulis :** Syamsidar Gaffar, Zhulian Hikmah Hasibuan, Ranno Marlany  
Rachman, Najamuddin, Waode Munaeni, Sulistiowati,  
Muhammad Aris , Desliana Opie Harliani, Tiara Santeri,  
Nurul Fatimah Yunita, Ahmad Sundoko, Rr. Dyah Paramitha  
Mentari

**Editor :** Alfi Kusuma Admaja, Disnawati

**ISBN :** 978-623-8784-30-1 (PDF)

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Faisal Alimaturahim

**Penerbit :**  
PT. Kamiya Jaya Aquatic

**Anggota IKAPI No. 001/MALUKUUTARA/2024**

**Redaksi :**  
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,  
Kota Ternate, Maluku Utara  
Telp. : 0812-2279-3284  
Email : kamiyajayaaquatic@gmail.com  
Website : <https://kjaquatic.com/>

**Distributor :**  
PT. Kamiya Jaya Aquatic

**Cetakan Pertama : Oktober 2024**

## **Hak Cipta dilindungi undang-undang**

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Taala akhirnya buku yang berjudul “Pencemaran Laut dan Transfer Polutan” dapat kami selesaikan. Buku ini terdiri dari dua belas bab meliputi: pendahuluan pencemaran laut dan transfer polutan, sumber-sumber pencemaran laut, jenis-jenis polutan di laut, dinamika transfer polutan di laut, dampak pencemaran laut pada ekosistem, dampak pencemaran laut pada kesehatan manusia, studi kasus pencemaran laut, metode pengukuran dan monitoring polutan, pengelolaan dan mitigasi pencemaran laut, kebijakan dan regulasi pencemaran laut, teknologi dan inovasi dalam pengendalian polutan, dan peran masyarakat dalam pengelolaan pencemaran laut. Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi bagi akademisi, mahasiswa, praktisi, dan masyarakat luas yang tertarik pada bidang Pencemaran Laut dan Transfer Polutan.

Kami berharap buku ini akan bermanfaat bagi para pembaca. Namun demikian, buku ini bukannya tanpa kekurangan. Oleh karena itu, kami menerima kritik dan saran demi perbaikan di cetakan berikutnya. Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak berkontribusi dalam penyusunan buku ini.

Ternate, Oktober 2024

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>PRAKATA .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>

## **Bab 1. PENDAHULUAN PENCEMARAN LAUT DAN TRANSFER POLUTAN**

1.1 Pencemaran Laut .....	2
1.2 Transfer Polutan.....	8

## **Bab 2. SUMBER-SUMBER PENCEMARAN LAUT**

2.1 Limbah Industri .....	19
2.2 Limbah Minyak.....	20
2.3 Limbah Pertanian.....	21
2.4 Limbah Rumah Tangga .....	22
2.5 Polusi Udara .....	24
2.6 Perubahan Iklim.....	25

## **Bab 3. JENIS-JENIS POLUTAN DI LAUT**

3.1 Pengantar Polusi Laut .....	27
3.2 Klasifikasi Polutan di Laut .....	40
3.3 Penanggulangan Polusi Laut .....	50

## **Bab 4. DINAMIKA TRANSFER POLUTAN DI LAUT**

4.1 Pendahuluan .....	54
4.2 Dinamika Transfer Polutan di Laut .....	57
4.3 Dinamika Transfer Beberapa Jenis Polutan di Laut.....	60

## **Bab 5. DAMPAK PENCEMARAN LAUT PADA EKOSISTEM**

5.1 Jenis-jenis Pencemaran Laut dan Sumbernya.....	67
5.2 Dampak Pencemaran Laut terhadap Kehidupan Laut .....	69

## **Bab 6. DAMPAK PENCEMARAN LAUT PADA KESEHATAN MANUSIA**

6.1 Bioakumulasi dan Biomagnifikasi.....	86
6.2 Penyakit dan Gangguan Kesehatan .....	91



## **Bab 7. STUDI KASUS PENCEMARAN LAUT**

7.1 Dampak Lingkungan yang Luas .....	95
7.2 Dampak Ekonomi dan Sosial .....	101
7.3 Pemulihan dan Upaya Konservasi .....	101

## **Bab 8. METODE PENGUKURAN DAN MONITORING POLUTAN**

8.1 Pentingnya Menjaga Kesehatan Laut .....	106
8.2 Polutan Laut .....	108
8.3 Dampak Pencemaran Laut dan Transfer Polutan.....	109
8.4 Metode Pengukuran Polutan .....	112
8.5 Teknologi Monitoring Polutan .....	115
8.6 Regulasi dan Kebijakan Lingkungan.....	116

## **Bab 9. PENGELOLAAN DAN MITIGASI PENCEMARAN LAUT**

9.1 Signifikansi Pengelolaan dan Mitigasi Pencemaran Laut.....	118
9.2 Prinsip-Prinsip Pengelolaan dan Mitigasi Pencemaran Laut...	120
9.3 Studi Kasus dan Implementasi Pengelolaan dan Mitigasi Pencemaran Laut.....	128

## **Bab 10. KEBIJAKAN DAN REGULASI PENCEMARAN LAUT**

10.1 Pentingnya Adanya Kebijakan dan Regulasi Pencemaran Laut di Indonesia .....	130
10.2 Kebijakan dan Regulasi Internasional Tentang Pencemaran Laut yang Disahkan oleh Indonesia .....	132
10.3 Peraturan dan Legislasi Nasional Tentang Pencemaran Laut.....	136

## **Bab 11. TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM PENGENDALIAN POLUTAN**

11.1 Teknologi Pengolahan Polutan di Sumber .....	140
11.2 Teknologi Remediatif di Laut .....	144
11.3 Teknologi Pemantauan dan Deteksi Polutan .....	148

## **Bab 12. PERAN MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN PENCEMARAN LAUT**

12.1 Peran serta masyarakat terkait pencemaran laut.....	154
12.2 Bentuk Partisipasi Masyarakat .....	156

12.3 Pemberdayaan Masyarakat Pesisir .....	158
12.4 Pengelolaan Limbah.....	159
12.5 Kolaborasi antara Masyarakat, Pemerintah, dan Pemangku Kepentingan Laut .....	161
12.6 Studi Kasus Keberhasilan Peran Serta Masyarakat .....	163
12.7 Rekomendasi .....	164
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>166</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>195</b>

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Konsumsi energi per kapita di dunia pada tahun 2013 .....	4
1.2	Tempat pembuangan peralatan elektronik dan peralatan lain yang dibuang dari seluruh dunia di Accra (Afrika Barat).....	5
1.3	Dampak lingkungan dari kontaminan dalam kompartemen biotik dan abiotik.....	10
1.4	Influx polutan dari sungai ke laut.....	13
1.5	Influx polutan dari atmosfer ke laut .....	13
1.6	Influx polutan dari rembesan atau pembuangan pipa ke laut.....	14
1.7	Influx polutan dari kapal yang karam.....	15
1.8	Influx polutan dari penambangan laut dalam .....	16
2.1	Foto kematian ikan .....	18
2.2	Profil industri kecil dan menengah.....	19
2.3	Kota dengan Kualitas Udara Terburuk di Dunia.....	25
4.1	Estimasi persentase polutan berdasarkan sumbernya di dalam lingkungan laut.....	55
4.2	Proses masuknya polutan ke dalam lingkungan laut .....	56
4.3	Pendekatan multidisplin dalam studi pencemaran laut dan dinamiknya.....	57
4.4	Proses dan mekanisme transfer polutan dalam lingkungan laut ....	58
4.5	Mekanisme transpor dan akumulasi polutan dalam lingkungan laut.....	60
4.6	Transfer polutan logam berat dalam lingkungan laut .....	62
4.7	Proses transformasi polutan arsen (As) dalam lingkungan laut .....	65
4.8	Fate polutan mikroplastik dan transformasinya di dalam lingkungan laut.....	66
5.1	Sampah plastik.....	68
5.2	Dampak pencemaran terhadap ikan.....	72
5.3	Dampak Pencemaran laut terhadap mamalia laut.....	76
5.4	Burung laut yang mengkonsumsi plastik .....	79
5.5	Penyu laut terdampak pencemaran plastik di lautan .....	82
7.1	Deepwater Horizon Meledak Memicu Tumpahan Minyak di Perairan .....	95
7.2	Pencemaran pada perairan laut.....	95



7.3 Ikan-ikan mati dan terjebak dalam minyak akibat tumpahan minyak Deepwater Horizon .....	96
7.4 Seekor ikan mati tergeletak di pasir terlihat sisa minyak di atasnya dari tumpahan minyak Deepwater Horizon di Teluk Meksiko .....	97
7.5 Dampak tumpahan minyak pada burung .....	97
7.6 Seekor burung mati yang tertutup minyak akibat tumpahan minyak Deepwater Horizon di Teluk Meksiko, Pulau Grand Terre Timur .....	98
7.7 Beberapa jenis ikan yang diteliti diduga terpengaruh oleh tumpahan minyak Deepwater Horizon melalui rantai makanan ...	98
7.8 Kerusakan pada terumbu karang akibat ledakan pengeboran minyak Deepwater Horizon.....	99
7.9 Sukarelawan membersihkan seekor pelikan coklat yang tubuhnya tertutup minyak yang tumpah ke pesisir Louisiana AS akibat ledakan pengeboran minyak Deepwater Horizon.....	100
7.10 Dispersan .....	102
7.11 Pembakaran minyak.....	103
7.12 Pembakaran Terkendali (In-Situ Burning).....	104
7.13 Boom dan Skimmer .....	105
7.14 Evaluasi dan memulihkan sumber daya alam .....	105
10.1 Data tumpahan minyak di Indonesia .....	130
10.2 Komposisi MSM rata-rata di Indonesia.....	131

# Bab 8

## METODE PENGUKURAN DAN MONITORING POLUTAN

### 8.1 Pentingnya Menjaga Kesehatan Laut

Lautan mencakup sekitar 71% permukaan bumi dan merupakan rumah bagi berbagai ekosistem yang sangat beragam dan kompleks. Ekosistem laut seperti terumbu karang, hutan bakau, dan padang lamun berperan penting dalam mendukung kehidupan berbagai spesies, termasuk manusia (Jalaluddin *et al.*, 2020). Keanekaragaman hayati di lautan menyediakan layanan ekosistem yang krusial seperti sumber makanan, perlindungan pantai, dan penyimpanan karbon. Laut merupakan sumber utama makanan bagi miliaran orang di seluruh dunia. Ikan dan produk laut lainnya menyediakan protein dan nutrisi esensial yang vital bagi kesehatan manusia. Industri perikanan dan akuakultur juga memberikan mata pencaharian bagi jutaan orang, terutama masyarakat pesisir (Adharani *et al.*, 2024). Lautan memainkan peran penting dalam regulasi iklim global. Mereka menyerap sekitar 30% dari karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan sekitar 90% dari kelebihan panas akibat pemanasan global. Proses ini membantu mengurangi dampak perubahan iklim, meskipun juga menyebabkan masalah seperti pengasaman laut yang mengancam kehidupan laut (Haiqal *et al.*, 2021). Laut juga berfungsi sebagai jalur perdagangan utama, menghubungkan negara-negara dan memungkinkan perpindahan barang dan jasa di seluruh dunia. Industri maritim, termasuk perkapalan, pariwisata, dan eksplorasi sumber daya laut, berkontribusi signifikan terhadap perekonomian global. Aktivitas ini menciptakan lapangan kerja dan mendukung kesejahteraan ekonomi

banyak negara (Rosyada *et al.*, 2020). Laut menyediakan kesempatan yang luas untuk penelitian ilmiah dan pendidikan. Penelitian laut membantu kita memahami proses-proses alam yang kompleks, menemukan spesies baru, dan mengembangkan teknologi yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang. Pendidikan tentang lautan juga penting untuk meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat tentang pentingnya konservasi laut. Meskipun lautan sangat penting, mereka saat ini menghadapi berbagai ancaman serius akibat aktivitas manusia. Pencemaran dari limbah industri, plastik, dan bahan kimia berbahaya merusak ekosistem laut dan mengancam kesehatan organisme laut. Penangkapan ikan yang berlebihan (*overfishing*) juga mengancam stok ikan dan keberlanjutan sumber daya laut. Selain itu, perubahan iklim menyebabkan pemanasan laut, pengasaman, dan naiknya permukaan laut, yang berdampak negatif pada ekosistem dan masyarakat pesisir (Issifu *et al.*, 2022).

Kesehatan laut sangat terkait dengan kesehatan manusia. Polutan yang mencemari laut dapat masuk ke dalam rantai makanan dan mengancam kesehatan manusia melalui konsumsi ikan dan produk laut yang terkontaminasi (Sugiana *et al.*, 2022). Selain itu, ekosistem laut yang sehat membantu melindungi masyarakat pesisir dari bencana alam seperti badai dan banjir. Menjaga kesehatan laut adalah kunci untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dan ekonomi. Upaya konservasi laut, pengelolaan perikanan yang berkelanjutan, dan pengurangan pencemaran laut adalah langkah-langkah penting untuk memastikan bahwa lautan tetap dapat mendukung kehidupan di bumi dalam jangka panjang. Kolaborasi internasional, penelitian berkelanjutan, dan kebijakan yang mendukung konservasi laut harus terus dikembangkan untuk melindungi dan memulihkan ekosistem laut yang vital ini.

Dengan mempertimbangkan pentingnya laut bagi kehidupan manusia dan ekosistem global, menjaga kesehatan laut menjadi prioritas yang mendesak. Upaya kolaboratif dari pemerintah, ilmuwan, industri, dan masyarakat sangat diperlukan untuk melindungi lautan dari berbagai ancaman dan memastikan keberlanjutan sumber daya laut bagi generasi mendatang. Tanpa tindakan yang efektif, kerusakan laut akan memiliki konsekuensi yang luas dan serius bagi seluruh planet.

Pentingnya menjaga kesehatan laut tidak hanya tentang pelestarian lingkungan, tetapi juga tentang memastikan kesejahteraan ekonomi, kesehatan manusia, dan keberlanjutan kehidupan di bumi. Melalui pemahaman yang lebih baik dan tindakan yang terkoordinasi, kita dapat melindungi dan memulihkan lautan kita untuk masa depan yang lebih baik.

## **8.2 Polutan Laut**

Polutan adalah zat atau energi yang mencemari lingkungan, mengubah kualitasnya dan dapat membahayakan makhluk hidup. Polutan bisa berasal dari aktivitas manusia atau proses alamiah. Polutan laut merupakan zat yang masuk ke lingkungan laut dan menyebabkan dampak negatif pada ekosistem laut serta Kesehatan manusia. Polutan laut berasal dari adanya pencemaran laut, diantaranya limbah plastik, logam berat, bahan kimia berbahaya, tumpahan minyak, nutrisi berlebihan, mikroorganisme patogen, polusi udara, dan polusi radioaktif (Ikhtiar, 2017).

### ❖ Limbah Plastik

- Mikroplastik: Partikel plastik yang sangat kecil, sering kali hasil dari degradasi plastik yang lebih besar atau produk plastik kecil seperti manik-manik kosmetik.
- Mikroplastik dapat tertelan oleh organisme laut dan masuk ke rantai makanan. Makro plastik: Sampah plastik besar seperti botol, tas, dan jaring ikan yang dapat membahayakan hewan laut secara langsung melalui jeratan atau konsumsi, serta berkontribusi pada pencemaran lingkungan.

### ❖ Logam Berat

- Merkuri (Hg): Dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, proses industri, dan limbah. Merkuri dapat mengendap di laut, menyebabkan bioakumulasi dalam organisme laut dan biomagnifikasi pada rantai makanan.
- Timbal (Pb): Sumber utama timbal termasuk limbah industri dan pencucian bahan-bahan yang mengandung timbal. Timah dapat mencemari sedimen laut dan biota laut.

### ❖ Bahan Kimia Berbahaya

- PCB (*Polychlorinated Biphenyls*): Senyawa organik yang digunakan dalam industri dan peralatan listrik. PCB dapat mencemari laut dan memiliki efek toksik pada kehidupan laut dan manusia.
- Pestisida dan Herbisida: Zat kimia dari pertanian yang dibuang ke laut melalui aliran sungai, dapat membahayakan biota laut dan menyebabkan gangguan ekosistem.
- ❖ Tumpahan Minyak Mentah dan Produk Olahannya
  - Tumpahan minyak dari kapal atau pengeboran lepas pantai dapat menyebabkan kerusakan besar pada ekosistem laut, mencemari pantai, dan membunuh hewan laut
- ❖ Nutrien Berlebih
  - Nitrat dan Fosfat: Datang dari limbah pertanian dan domestik. Kelebihan nutrien dapat menyebabkan eutrofikasi, mengurangi oksigen di air, dan menyebabkan zona mati di laut.
- ❖ Mikroorganisme Patogen
  - Bakteri, Virus, dan Parasit: Dari limbah domestik yang tidak diolah, dapat mencemari perairan laut dan menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan laut
- ❖ Polusi Suara
  - Kebisingan dari Kapal dan Aktivitas Industri: Suara dari kegiatan manusia di laut dapat mengganggu komunikasi, navigasi, dan perilaku hewan laut seperti paus dan lumba-lumba.
- ❖ Polusi Radioaktif
  - Limbah Nuklir: Kebocoran dari fasilitas nuklir atau pembuangan limbah radioaktif ke laut dapat menyebabkan kontaminasi dengan bahan radioaktif yang berpotensi merusak kesehatan organisme laut dan manusia.

### 8.3 Dampak Pencemaran Laut dan Transfer Polutan

Pencemaran laut dan transfer polutan memiliki kaitan yang erat, karena pencemaran laut sering kali melibatkan pergerakan atau transfer polutan melalui berbagai jalur yang mempengaruhi lingkungan laut dan organisme yang hidup didalamnya. Transfer polutan akibat pencemaran

laut bisa terjadi melalui rantai makanan, polutan seperti logam berat, pestisida, dan bahan kimia berbahaya lainnya dapat terakumulasi dalam organisme laut. Misalnya, fitoplankton mungkin menyerap polutan dari air, yang kemudian dimakan oleh zooplankton, dan seterusnya ke tingkat trofik yang lebih tinggi, termasuk ikan dan predator puncak seperti paus dan manusia. Proses ini dikenal sebagai biomagnifikasi, di mana konsentrasi polutan meningkat pada setiap tingkat rantai makanan (Darza , 2020). Selain melalui rantai makanan transfer polutan juga bisa berasal beberapa jalur lain yaitu transfer polutan dari daratan ke laut, transfer polutan melalui arus laut, transfer polutan ke sedimen laut, transfer polutan ke atmosfer, dan juga transfer polutan melalui interaksi dengan biota laut (Zhou *et al.*, 2022)

Transfer polutan juga bisa terjadi melalui arus laut, arus laut memainkan peran besar dalam mendistribusikan polutan di seluruh lautan. Polutan dapat berpindah dari satu wilayah ke wilayah lain melalui arus laut, menyebabkan pencemaran jauh dari sumber aslinya. Misalnya, mikroplastik yang berasal dari satu negara dapat tersebar ribuan kilometer dan mencemari daerah laut yang jauh. Selain itu, transfer polutan ke sedimen laut juga mempengaruhi lingkungan laut, polutan sering kali mengendap di dasar laut dan terperangkap dalam sedimen (Asrul *et al.*, 2022). Meskipun terperangkap, polutan ini tetap dapat membahayakan ekosistem laut jika terganggu oleh aktivitas seperti penangkapan ikan dengan *trawl* atau konstruksi bawah laut. Interaksi dengan Biota Laut juga menjadi faktor transfer polutan, organisme laut bisa menjadi agen transfer polutan melalui migrasi mereka. Misalnya, ikan yang terkontaminasi bisa berenang ke wilayah baru, membawa polutan ke ekosistem lain. Burung laut juga bisa memakan ikan yang terkontaminasi dan kemudian membawa polutan ke daratan melalui kotoran mereka.

Transfer polutan dari daratan ke laut juga merupakan salah satu aspek utama yang mempengaruhi lingkungan laut, karena banyak polutan yang mencemari laut berasal dari daratan, termasuk limbah industri, pertanian, dan limbah rumah tangga yang masuk ke sungai dan akhirnya mencapai laut (Santorsa, 2013). Polutan ini bisa terbawa air hujan atau aliran sungai, menyebabkan pencemaran yang meluas di wilayah pesisir dan laut terbuka. Selain itu transfer polutan ke atmosfer

juga tidak kalah penting dalam mempengaruhi lingkungan laut, beberapa polutan laut terutama yang mudah menguap seperti merkuri, dapat menguap ke atmosfer dan menyebar lebih jauh melalui angin sebelum akhirnya kembali ke laut atau daratan melalui hujan, sehingga menyebabkan pencemaran di area yang luas. Secara keseluruhan, pencemaran laut dan transfer polutan saling terkait dalam proses kompleks yang mempengaruhi kesehatan ekosistem laut dan organisme yang hidup di dalamnya, serta berdampak langsung dan tidak langsung pada manusia

Akibat dari transfer polutan dari berbagai jalur tersebut menyebabkan dampak yang signifikan terhadap ekosistem laut dan kehidupan manusia, diantaranya:

- Kerusakan Ekosistem Laut : Polutan seperti plastik, logam berat, dan bahan kimia beracun dapat merusak habitat laut, seperti terumbu karang dan padang lamun, yang merupakan rumah bagi berbagai spesies laut.
- Kematian Satwa Laut: Banyak hewan laut seperti penyu, burung laut, dan ikan sering salah mengira sampah plastik sebagai makanan, yang menyebabkan kematian akibat tersedak atau gangguan sistem pencernaan.
- Biomagnifikasi: Polutan beracun seperti merkuri dapat terkonsentrasi di dalam rantai makanan laut melalui proses biomagnifikasi. Ini berarti bahwa hewan yang berada di puncak rantai makanan, termasuk manusia yang mengonsumsi makanan laut, dapat terpapar polutan dengan kadar yang lebih tinggi.
- Gangguan pada Reproduksi: Polutan tertentu, seperti pestisida dan bahan kimia industri, dapat mengganggu sistem hormon hewan laut, yang dapat menyebabkan masalah reproduksi dan menurunkan populasi spesies tertentu.
- Kerusakan Ekonomi: Pencemaran laut juga dapat berdampak pada sektor ekonomi yang bergantung pada laut, seperti perikanan dan pariwisata. Penurunan kualitas air laut dan kematian massal satwa laut dapat mengurangi hasil tangkapan ikan dan mengurangi daya tarik wisata.
- Dampak Kesehatan Manusia: Mengonsumsi makanan laut yang terkontaminasi polutan dapat menyebabkan berbagai masalah



kesehatan pada manusia, seperti gangguan neurologis, kerusakan hati, dan kanker.

Pengelolaan limbah dan pengurangan penggunaan plastik adalah beberapa langkah penting yang dapat diambil untuk mengurangi dampak polutan laut ini.

#### 8.4 Metode Pengukuran Polutan

Pengukuran polutan laut melibatkan berbagai metode tergantung pada jenis polutan yang diukur. Metode pengukuran polutan meliputi Teknik sampling, alat-alat yang digunakan dan prosedur laboratorium yang dianalisis.

##### ➤ Teknik Sampling

- Air Laut
  - *Water Sampling Bottles*: Digunakan untuk mengambil sampel air laut pada berbagai kedalaman. Contoh alatnya adalah *Niskin bottle* atau *Van Dorn bottle*.
  - *CTD (Conductivity, Temperature, Depth) Sensors*: Alat ini mengukur parameter fisik air laut seperti salinitas, suhu, dan kedalaman. CTD biasanya dilengkapi dengan botol sampel yang dapat diaktifkan pada kedalaman tertentu.
  - *Sampling with ROVs (Remotely Operated Vehicles)*: Digunakan untuk sampling di kedalaman yang sulit dijangkau. ROV dilengkapi dengan berbagai sensor dan alat sampling.
- Sedimen:
  - *Grab Sampler*: Alat ini seperti cakar yang digunakan untuk mengambil sedimen dari dasar laut. Contohnya adalah *Ekman grab* dan *Van Veen grab*.
  - *Core Sampler*: Digunakan untuk mengambil sedimen dalam bentuk kolom yang utuh dari dasar laut. Alat ini berguna untuk studi stratigrafi dan analisis waktu.
  - *Box Corer*: Alat ini mengambil sampel sedimen dengan permukaan yang lebih besar dan bisa menampung sedimen yang lebih utuh, termasuk lapisan air di atasnya.
- Biota Laut:

- *Plankton Nets*: Digunakan untuk mengambil sampel plankton dari kolom air. Terdapat berbagai ukuran *mesh* untuk menangkap plankton dengan ukuran yang berbeda.
- *Dredges and Trawls*: Alat ini digunakan untuk mengambil sampel biota bentik seperti kerang, ikan, dan makrofauna lainnya dari dasar laut.
- *SCUBA Diving*: Teknik ini memungkinkan pengambilan sampel langsung oleh penyelam, yang dapat mengamati dan mengambil sampel secara selektif dari biota yang berada di habitat tertentu.
- **Alat-alat Pengukur Polutan**
  - *Spectrophotometer*: Alat ini digunakan untuk menganalisis konsentrasi berbagai polutan kimia dalam air laut dengan mengukur absorbansi atau transmisi cahaya pada panjang gelombang tertentu.
  - *Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)*: Digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis senyawa organik yang ada di dalam air laut, termasuk senyawa organik yang kompleks dan polutan seperti pestisida dan bahan bakar minyak.
  - *High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)*: Alat ini berguna untuk mengukur konsentrasi zat organik tertentu dalam air laut, seperti polutan organik yang terlarut.
  - *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*: Digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat dalam air laut, seperti merkuri, timbal, dan kadmium.
  - *Fluorometer*: Digunakan untuk mengukur konsentrasi bahan organik terlarut dalam air laut dengan mendeteksi emisi *fluoresensi*.
  - *Sensor Elektrokimia*: Digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi spesifik ion-ion atau gas tertentu dalam air, seperti oksigen terlarut atau ion-ion logam.
- **Prosedur Analisis**
  - **Analisis Kualitas Air**: Analisis kualitas air melibatkan berbagai parameter seperti pH, konduktivitas, oksigen terlarut (DO), permanganat, dan bahan organik.

- pH dan Konduktivitas: Menggunakan pH meter dan konduktivitas meter. Sampel air diukur langsung setelah dikalibrasi menggunakan standar *buffer* pH 4, 7, dan 10 serta larutan standar konduktivitas.
- Oksigen Terlarut (DO): Diukur menggunakan metode Winkler atau DO meter. Untuk metode Winkler, sampel dititrasi dengan larutan iodida hingga berubah warna.
- *Chemical Oxygen Demand* (COD): Sampel air direaksikan dengan kalium dikromat dan dipanaskan, lalu diukur absorbansi-nya dengan spektrofotometer.
- Analisis Konsentrasi Logam Berat: Logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As) sering dianalisis dalam sampel air atau sedimen.
  - *Preparasi Sampel*: Sampel air diasamkan dengan asam nitrat pekat dan dipanaskan untuk destruksi. Sedimen dikeringkan, dihancurkan, dan diasamkan.
  - Analisis dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*): Logam berat dalam sampel dianalisis menggunakan AAS setelah dilakukan kalibrasi dengan larutan standar logam berat.
  - ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*): Digunakan untuk analisis yang lebih sensitif dan dapat mendeteksi konsentrasi logam berat hingga level *ppb* (*parts per billion*).
- Deteksi Mikroplastik: Mikroplastik merupakan polutan yang memerlukan teknik khusus untuk deteksi dan analisis, biasanya menggunakan spektroskopi.
  - *Filtrasi*: Sampel air difiltrasi melalui filter dengan ukuran pori yang sangat kecil (misalnya, 0,45  $\mu\text{m}$  atau lebih kecil).
  - *Pencucian*: Mikroplastik dicuci dari filter menggunakan air suling dan dikeringkan.
  - FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*): Digunakan untuk identifikasi jenis plastik berdasarkan spektrum inframerahnya.
  - *Raman Spectroscopy*: Alternatif untuk FTIR, lebih sensitif dalam mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik.

## 8.5 Teknologi Monitoring Polutan

Teknologi monitoring polutan laut adalah serangkaian alat, teknik, dan sistem yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur, dan menganalisis polutan di lingkungan laut. Teknologi ini bertujuan untuk memantau kualitas air, mendeteksi kehadiran bahan berbahaya, dan memahami dampaknya terhadap ekosistem laut serta kesehatan manusia. Berikut adalah beberapa teknologi utama yang digunakan:

1. Sensor dan Instrumen Pengukuran (Hamuna *et al.*, 2018)
  - Sensor Kimia: Digunakan untuk mendeteksi senyawa kimia berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan nutrisi berlebih (misalnya, nitrat dan fosfat). Sensor ini dapat berupa sensor optik atau elektrokimia yang mengukur konsentrasi polutan secara langsung di air.
  - Sensor Fisika: Mengukur parameter fisik seperti suhu, salinitas, dan oksigen terlarut yang dapat mempengaruhi distribusi polutan.
  - Instrumentasi Laboratorium: Sampel air diambil dan dianalisis di laboratorium menggunakan teknik seperti kromatografi, spektrometri massa, dan analisis mikrobiologis untuk mendeteksi polutan.
2. Teknologi *Remote Sensing* (Penginderaan Jauh) (Gholizadeh *et al.*, 2016)
  - Satelit: Satelit seperti *Landsat* dan MODIS digunakan untuk memantau kualitas air laut dari luar angkasa. Satelit dapat mengukur parameter seperti suhu permukaan laut, klorofil, dan deteksi tumpahan minyak.
  - Drone dan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*): Digunakan untuk pemantauan area yang sulit dijangkau, misalnya tumpahan minyak atau polusi di daerah pesisir. Drone dapat dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi berbagai jenis polutan.
3. Bioindikator
  - Organisme Indikator: Penggunaan spesies tertentu yang sensitif terhadap polutan tertentu. Misalnya, kerang dan moluska sering digunakan sebagai indikator logam berat, karena mereka cenderung mengakumulasi polutan di tubuh mereka.

4. Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Model Komputer (Erkamim *et al.*, 2023)
  - SIG: Sistem ini memungkinkan integrasi data spasial dari berbagai sumber untuk analisis distribusi polutan di laut. SIG dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber polusi, memetakan area terdampak, dan merencanakan tindakan mitigasi.
  - Model Komputer: Model matematika digunakan untuk mensimulasikan penyebaran polutan di laut berdasarkan data pengukuran. Model ini juga dapat digunakan untuk memprediksi dampak jangka panjang dari polusi laut.
5. *Automated Water Samplers* (Pengambil Sampel Air Otomatis):
  - Perangkat ini secara otomatis mengambil sampel air pada interval waktu yang telah ditentukan. Sampel tersebut kemudian dianalisis untuk mengukur konsentrasi polutan tertentu.
6. *Buoy System* dan Stasiun Monitoring Laut
  - *Buoy* dengan Sensor Terintegrasi: *Buoy* yang dilengkapi dengan sensor untuk terus-menerus mengukur parameter kualitas air seperti pH, oksigen terlarut, dan keberadaan logam berat. Data ini dikirimkan secara *real-time* ke pusat monitoring.
  - Stasiun Monitoring: Stasiun-stasiun ini ditempatkan di laut untuk melakukan pemantauan jangka panjang, termasuk pemantauan parameter *atmosferik* yang dapat mempengaruhi polusi laut.

Teknologi monitoring polutan penting dilakukan, karena berguna untuk melacak dan mengelola polusi, mendukung penelitian ilmiah, dan melindungi ekosistem laut dari kerusakan lebih lanjut.

## 8.6 Regulasi dan Kebijakan Lingkungan

Regulasi dan kebijakan terkait polutan laut di Indonesia dan secara global bertujuan untuk melindungi ekosistem laut dan pesisir dari pencemaran yang merusak. Berikut adalah beberapa regulasi dan kebijakan mengenai polutan laut:

### ❖ Regulasi dan Kebijakan di Indonesia:

1. Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: UU ini mengatur tentang

pengelolaan lingkungan hidup secara umum, termasuk pencegahan dan penanggulangan pencemaran laut.

2. Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut: Regulasi ini menetapkan standar untuk pengendalian pencemaran laut dan mengatur tanggung jawab bagi pihak yang menyebabkan polusi.
3. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut: Ini mengatur baku mutu air laut untuk berbagai keperluan, termasuk untuk biota laut, pariwisata, dan lain-lain.
4. Konvensi Internasional yang Diresmikan di Indonesia: MARPOL 73/78 (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*): Indonesia merupakan salah satu negara yang meratifikasi konvensi ini, yang mengatur tentang pencegahan pencemaran dari kapal.
5. Rencana Aksi Nasional untuk Mengatasi Sampah Laut (2017-2025): Ini adalah kebijakan khusus Indonesia yang fokus pada pengurangan sampah plastik di laut.

❖ Regulasi dan Kebijakan Global:

1. Konvensi Hukum Laut PBB (UNCLOS): Memberikan kerangka hukum untuk semua kegiatan laut, termasuk regulasi pencemaran laut.
2. *London Convention and Protocol* (1972, diperbarui 1996): Mengatur tentang pencegahan polusi laut akibat pembuangan limbah dan bahan lainnya.
3. *The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* (2001): Mengatur tentang pengurangan dan eliminasi bahan kimia berbahaya yang bisa mencemari laut.
4. *Sustainable Development Goals* (SDGs) – Goal 14: Melindungi kehidupan bawah air, yang mendorong pengurangan pencemaran laut, terutama dari aktivitas berbasis darat.

Dengan adanya regulasi ini, baik secara nasional maupun internasional, diharapkan pencemaran laut dapat dikurangi dan ekosistem laut dapat dilindungi secara berkelanjutan.



**Desliana Opie Harliani, S.Pi., M.Si** lahir di Indralaya pada tanggal 1 Desember 1998. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Sriwijaya pada tahun 2020. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Agribisnis, Pascasarjana Universitas Sriwijaya tahun 2024. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Palembang pada Juni 2024-sekarang.



**Tiara Santeri, S.Kel., M.Si** lahir di Bandar Lampung pada tanggal 3 Desember 1993. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya (UNSRI) tahun 2017. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya tahun 2021. Penulis bekerja sebagai Dosen Tetap non-PNS di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas PGRI Palembang tahun 2024 hingga saat ini.

Penulis aktif mengikuti seminar, mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi; aktif sebagai editor jurnal dan reviewer pada jurnal nasional bereputasi. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan Anggota Tim Penyusun AMDAL (ATPA) pada tahun 2020 dan pelatihan Ketua Tim Penyusun AMDAL (KTPA) pada tahun 2024. Buku ini adalah hasil karya pertama penulis dalam pengetahuannya tentang Pencemaran Laut dan Transfer Polutan. Diharapkan buku ini menjadi acuan dan bahan diskusi ke depannya dalam bidang Ilmu Kelautan di Indonesia.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadan, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S.-H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. M., Schagerl, M., Kornaros, M., & Sun, J. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. *Environmental Science and Ecotechnology*, 13, 100205. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100205>
- Adharani, N., Affandi, R. I., Rachmawati, N. F., Sukendar, W., Setyono, B. D. H., Gaffar, S., Sumsanto, M., Ode, I., Luthfiyana, N., Sulthoniyah, S. T. M., & Diamahesa, W. A. (2024). *Pengantar Ilmu Perikanan dan Kelautan* (D. N. Sari & A. B. Marda, Eds.). CV. Tohar Media.
- Adrianto, L. (2011). *Konstruksi lokal pengelolaan sumberdaya perikanan di Indonesia*. IPB Press.
- Afandi, F., Adrianto, D., Listiningrum, P., & Lovina, M. W. (2023). Penggunaan Bukti Ilmiah dan Penerapan Prinsip Kehati-hatian dalam Putusan Perkara Pidana Materiil Lingkungan Hidup di Indonesia Tahun 2009–2020. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 9(1), 77–120. <https://doi.org/10.38011/jhli.v9i1.500>
- Agustanty A, dan Budi A. 2022. Pola Resistency of *Vibrio Cholerae* Bacteria To the Antibiotic Ciprofloxacin and Tetracycline. *J Heal Sci Gorontalo J Heal Sci Community*. 5(3):73–78. [doi:10.35971/gojhes.v5i3.13611](https://doi.org/10.35971/gojhes.v5i3.13611).
- Akhtar, A. B. T., Naseem, S., Yasar, A., & Naseem, Z. (2021). Persistent organic pollutants (POPs): sources, types, impacts, and their remediation. *Environmental Pollution and Remediation*, 213–246.
- Alava, J. J., Cheung, W. W., Ross, P. S., & Sumaila, U. R. (2017). Climate change–contaminant interactions in marine food webs: Toward a conceptual framework. *Global change biology*, 23(10), 3984–4001.
- Alen. (2016). Tech File: Fire Boom for the US' Worst Oil Spill. <https://www.marinelink.com/news/worst-spill-fire411277>. Diakses 12 September 2024.
- Alhasani, I. (2024). *Pencemaran Laut: Penyebab, Dampak, dan Solusinya*. <https://www.diskop.id/pendidikan/pencemaran-laut/>. Diakses 11 September 2024.
- Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A.-G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and*

- Environmental Safety, 231, 113160.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- Amanah, S. (2010). Peran komunikasi pembangunan dalam pemberdayaan masyarakat pesisir. *Jurnal Komunikasi Pembangunan*, 8(1).
- Amirudin, A. (2020). 5 Cara Mengatasi Tumpahan Minyak/ Pencemaran Minyak (Oil Spill). <https://www.ahmadamir.com/2020/06/5-cara-mengatasi-tumpahan-minyak.html>. Diakses 12 September 2024.
- Anwar, K. (2015). *Hukum Laut Internasional* (Anwar Khaidir, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Justice Publisher.
- Aprianti, N. S., Sulardiono, B., & Nitisupardjo, M. (2015). Kajian tentang fitoplankton yang berpotensi sebagai habs (harmful algal blooms) di muara sungai plumbon, semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 4(3), 132-138.
- Asrul, N. A. M., Mutmainnah, H., Putri, S. G., Hidayah, N., Sahribulan, & Khaerah, A. (2022). *Fundamental Mikroplastik*. CV. Jejak.
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. *Marine environmental research*, 128, 2-11.
- Awuchi, C. G., & Awuchi, C. G. (2019). Impacts of plastic pollution on the sustainability of seafood value chain and human health. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 46-138.
- Baby, R., Hussein, M. Z., Abdullah, A. H., & Zainal, Z. (2022). Nanomaterials for the Treatment of Heavy Metal Contaminated Water. *Polymers*, 14(3), 583.  
<https://doi.org/10.3390/polym14030583>
- Barak, H. (2020). 20-4-2010: Deepwater Horizon Meledak, Picu Tumpahan Minyak Terbesar dalam Sejarah. <https://www.liputan6.com/global/read/4231865/20-4-2010-deepwater-horizon-meledak-picu-tumpahan-minyak-terbesar-dalam-sejarah>. Diakses 12 September 2024.
- Bashir, I., Lone, F. A., Bhat, R. A., Mir, S. A., Dar, Z. A., & Dar, S. A. (2020). Concerns and threats of contamination on aquatic ecosystems. *Bioremediation and biotechnology: sustainable approaches to pollution degradation*, 1-26.
- Baulch, S., & Perry, C. (2014). Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1-2), 210-221.
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., & Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and

- economic impacts of marine plastic. *Marine pollution bulletin*, 142, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Bebianno, M. J., Company, R., Serafim, A., Camus, L., Cosson, R. P., & Fiala-Médioni, A. (2015). Antioxidant systems and lipid peroxidation in *Bathymodiolus azoricus* from Mid-Atlantic Ridge hydrothermal vent fields. *Marine Environmental Research*, 69(4), 260-272.
- Beiras, R. (2018). *Marine pollution: Sources, fate and effects of pollutants in coastal ecosystems*. Elsevier.
- Bernhardt ES, Rosi EJ, Gessner MO. (2017). Synthetic chemicals as agents of global change. *Front Ecol Environ* 15:84–90. <https://doi.org/10.1002/fee.1450>
- Bonnington, A., Amani, M., & Ebrahimi, H. (2021). Oil Spill Detection Using Satellite Imagery. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 2(4), 1-1. <https://doi.org/10.21926/aeer.2104024>
- BP Global. (2010). Deepwater Horizon Accident and Response. Diakses dari <https://www.bp.com/en/global/corporate/who-we-are/our-history/deepwater-horizon-accident.html>
- Brierley, A. S., & Kingsford, M. J. (2009). Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems. *Current Biology*, 19(14), R602-R614.
- Brusseau, M. L., Matthias, A. D., Comrie, A. C., & Musil, S. A. (2019). Atmospheric pollution. In *Environmental and pollution science* (pp. 293-309). Academic Press.
- Burton, J.D., and Liss, P.S. (1976). *Estuarine Chemistry*. New York (US): Academic Press. 229p.
- Cahyono. (1993). *Pemodelan kualitas air di estuaria dan laut. Kursus Pemodelan dan Simulasi Komputer ITB, Bandung (ID)*. ITB
- Cao, T. N.-D., Bui, X.-T., Le, L.-T., Dang, B.-T., Tran, D. P.-H., Vo, T.-K.-Q., Tran, H.-T., Nguyen, T.-B., Mukhtar, H., Pan, S.-Y., Varjani, S., Ngo, H. H., & Vo, T.-D.-H. (2022). An overview of deploying membrane bioreactors in saline wastewater treatment from perspectives of microbial and treatment performance. *Bioresource Technology*, 363, 127831. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127831>
- Capaldo, A., Gay, F., Lepretti, M., Paoletta, G., Martucciello, S., Lionetti, L., ... & Laforgia, V. (2018). Effects of environmental cocaine concentrations on the skeletal muscle of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Science of the total environment*, 640, 862-873. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.357>

- Cardenas, J. A., Samadikhoshkho, Z., Rehman, A. U., Valle-Pérez, A. U., de León, E. H.-P., Hauser, C. A. E., Feron, E. M., & Ahmad, R. (2024). A systematic review of robotic efficacy in coral reef monitoring techniques. *Marine Pollution Bulletin*, 202, 116273. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116273>
- Carneiro, M., & Martins, R. (2022). Destructive fishing practices and their impact on the marine ecosystem. In *Life Below Water* (pp. 295-304). Cham: Springer International Publishing.
- Carroll AG, Przeslawski R, Duncan A, Gunning M, Bruce B (2017) A critical review of the potential impacts of marine seismic surveys on fish & invertebrates. *Mar Pollut Bull* 114:9–24. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.038>
- Castillo, A.B., Al-Maslamani, I., and Obbard, J.P. (2016). Prevalence of microplastics in the marine waters of Qatar. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1–2), 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.108>.
- Chester R, Jickells T. (2012). *Marine Geochemistry* 3rd ed. Wiley-Blackwell. p. 194
- Chester, R. (1990). *Marine Geochemistry*. London (GB): Unwin Hyman Ltd.
- Chotimah, H. C., Iswardhana, M. R., & Rizky, L. (2021). Model Collaborative Governance dalam Pengelolaan Sampah Plastik Laut Guna Mewujudkan Ketahanan Maritim di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Nasional*.
- Clark, R.B. (2001). *Marine Pollution* 5th ed. Oxford University Press; p. 39
- Condon, R. H., Graham, W. M., Duarte, C. M., Pitt, K. A., Lucas, C. H., Haddock, S. H. D., ... & Uye, S. (2013). Jellyfish blooms and ecological consequences in coastal ecosystems. *Oceanography*, 26(4), 122-135.
- Connel, D.W., Miller, J.G. (1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta (ID): UI Press. 486.
- Costello, M. J., Claus, S., Dekeyzer, S., Vandepitte, L., Tuama, É. Ó., Lear, D., & Tyler-Walters, H. (2015). Biological and ecological traits of marine species. *PeerJ*, 3, e1201.
- Dąbrowska, J., Sobota, M., Świąder, M., Borowski, P., Moryl, A., Stodolak, R., ... & Kazak, J. K. (2021). Marine waste—Sources, fate, risks, challenges and research needs. *International journal of environmental research and public health*, 18(2), 433.
- Dahuri, R. (2003). *Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.

- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu. (2001). Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Darza.S.E. (2020). Dampak Pencemaran Bahan Kimia Dari Perusahaan Kapal Indonesia Terhadap Ekosistem Laut. *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, Dan Akuntansi)*, 4(3), 1831-1852. <http://www.portonews.com>,
- Das, N., & Chandran, P. (2011). Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants: An Overview. *Biotechnology Research International*, 2011, 1-13. <https://doi.org/10.4061/2011/941810>
- Dayana P, S., Manikandan, S., Kiruthiga, R., Rednam, U., Babu, P. S., Subbaiya, R., Karmegam, N., Kim, W., & Govarthanan, M. (2022). Graphene oxide-based nanomaterials for the treatment of pollutants in the aquatic environment: Recent trends and perspectives - A review. *Environmental Pollution*, 306, 119377. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119377>
- Depledge, M. H., Godard-Codding, C. A., & Bowen, R. E. (2010). Light pollution in the sea. *Marine pollution bulletin*, 60(9), 1383-1385. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.002>
- Desforges, J. P., Ross, P. S., & Hall, A. (2018). Persistent organic pollutants (POPs) and large marine mammals: Investigating the long-term impacts of pollutants on endangered orca populations. *Environmental Science & Technology*, 52(6), 3411-3417.
- Deudero, S., & Alomar, C. (2015). Mediterranean marine biodiversity under threat: reviewing influence of marine litter on species. *Marine pollution bulletin*, 98(1-2), 58-68.
- Dewi, M. K. (2021). *JHP 17 (Jurnal Hasil Penelitian)*. 6(2), 2579-7980. <http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/jhp1758>
- Direktur Jenderal Minyak Bumi dan Gas. (2021). Statistik Minyak dan Gas Bumi. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Drouillard, K.G. (2008). Definitions and Terminology Related to Biomagnification.
- Du, Z., Zhang, S., Zhou, Q., Yuen, K. F., & Wong, Y. D. (2018). Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 158-171.
- Eagles-Smith, C. A., Ackerman, J. T., De La Cruz, S. E., & Takekawa, J. Y. (2009). Mercury bioaccumulation and risk to three waterbird foraging guilds is influenced by foraging ecology and breeding

- stage. *Environmental Pollution*, 157(7), 1993-2002.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.03.030>
- Ecke, F., Golovko, O., Hörnfeldt, B., Ahrens, L. (2024). Trophic fate and biomagnification of organic micropollutants from staple food to a specialized predator. *Environ Res.* 261 July. doi:10.1016/j.envres.2024.119686.
- EEA. (2007). *Europe's environment. The fourth assessment.* European Environment Agency, Copenhagen. p. 107
- Efrizal, W. (2023). Berdampakkah Cemaran Dioksin Bagi Keadaan Gizi Dan Kesehatan? *J Ilmu Gizi J Nutr Sci.* 12(1):15-22. doi:10.33992/jig.v12i1.1328.
- El-Naggar, H. A. (2020). Human impacts on coral reef ecosystem. In *Natural resources management and biological sciences.* IntechOpen.
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal kelautan tropis*, 18(1). doi:10.1111/j.1600-0404.1962.tb01105.x.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2011). *Oil Spill Response Techniques: Booms and Skimmers.*
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2020). *Deepwater Horizon BP Gulf of Mexico Oil Spill.* Diakses dari <https://www.epa.gov/enforcement/deepwater-horizon-bp-gulf-mexico-oil-spill>
- Erkamim, M., Mukhlis, I. R., Putra, Adiwarman, M., Rassarandi, F. D., Rumata, N. A., Arrofiqoh, E. N., Rahman, A., Chusnayah, F., Paddiyatu, N., & Hermawan, E. (2023). *Sistem Informasi Geografis (SIG)* (E. Rianty, Ed.). PT. Green Pustaka Indonesia.
- Ewimia, D., (2020). Dampak Pencemaran Bahan Kimia Dari Perusahaan Kapal Indonesia Terhadap Ekosistem Laut. 4(3). <http://www.portonews.com>,
- Ezeala, H. I., Okeke, O. C., Amadi, C. C., Irefin, M. O., Okeukwu, E. K., Dikeogu, T. C., & Akoma, C. D. (2023). Industrial Wastes: Review Of Sources, Hazards And Mitigation. *Engineering Research journal*, 3(9), 1-26.
- Fadhilah, I. N., Waleleng, B. J., & Nainggolan, B. P. (2022). Effect of Raw Food Consumption on Incidence of Hepatitis A. *e-CliniC*, 10(2), 173-180. doi:10.35790/ecl.v10i2.37860.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action.* Retrieved from [www.fao.org](http://www.fao.org)

- Fatima, M. (2022). Identifikasi Pencemaran di Daerah Pesisir Pantai Tanjung Pinggir Batam (Vol. 4, Issue 1).
- Fatima, T. (2024). Mengungkap Dampak Beragam dari Tumpahan Minyak di Laut Dalam dan Solusinya. <https://www.aquaquick2000.com/id/tumpahan-minyak/>. Diakses 12 September 2024.
- Fauzi, A. (2004). Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: Teori dan aplikasi. Gramedia Pustaka Utama.
- Ferilanda, J. Y., Febri Eriyanti, N., Efritadewi, A., Raja, M., Haji, A., & Raja, U. M. (2023). Analisis Yuridis Pencemaran Laut yang Disebabkan Limbah Rumah Tangga. In *Aufklarung: Jurnal Pendidikan* (Vol. 3, Issue 4). <http://pijarpemikiran.com/index.php/Aufklarung>
- Fernandez, Y. H., Nauli, L., Toruan, L., & Soewarlan, L. C. (2020.). Tingkat Pencemaran Perairan Laut di Pesisir Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia Pollution Level of Sea Water on The Coast of Kupang Bay, East Nusa Tenggara, Indonesia. In *PoluSea: Water and Marine Pollution Journal* Maret (Vol. 2023, Issue 1). <https://poluseajurnal.ub.ac.id>
- Fernandez, Y.H., Toruan, L.N.L., Soewarlan, L.C. 2023. Tingkat pencemaran perairan laut di pesisir Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia. *PoluSea: Water and Marine Pollution Journal*. 1, 24-44.
- Fisher, S.W. (1995). Mechanisms of bioaccumulation in aquatic systems. *Rev Environ Contam Toxicol*. 142:87-117. doi:10.1007/978-1-4612-4252-9\_4.
- Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., & Minutoli, R. (2016). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2374-2379.
- Frid, C. L., & Caswell, B. A. (2017). *Marine pollution*. Oxford University Press.
- Garcés-Ordóñez, O., Díaz, L. F. E., Cardoso, R. P., & Muniz, M. C. (2020). The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Marine pollution bulletin*, 160, 111558.
- Gateuille, D., and Naffrechoux, E. (2022). Transport of persistent organic pollutants: Another effect of microplastic pollution? *WIREs Water*, 9(5), e1600. <https://doi.org/10.1002/wat2.1600>.



- Gazeau, F., Quiblier, C., Jansen, J. M., Gattuso, J. P., Middelburg, J. J., & Heip, C. H. (2007). Impact of elevated CO<sub>2</sub> on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, 34(7).
- GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network). (2020). Status of Coral Reefs of the World: 2020 Report.
- Geist, J., & Hawkins, S. J. (2016). Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: current progress and future challenges. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(5), 942-962.
- GESAMP. Report of the first session (London, 17e21 march 1969). Joint IMCO/FAO/
- GESAMP. Report of the third session held at FAO headquarters, Rome, 22e27 February 1971. IMCO/FAO/UNESCO/WMO Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marina Pollution. GESAMP III/19; 13, May 1971. 9 pp. IX Annexes.
- Gholizadeh, M. H., Melesse, A. M., & Reddi, L. (2016). A comprehensive review on water quality parameters estimation using remote sensing techniques. In *Sensors* (Vol. 16, Issue 8, pp. 1–43). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s16081298>
- Ghozzi, K., Nakbi, A., Challouf, R., & Dhiab, R. B. (2023). A review on microbial contamination cases in Tunisian coastal marine areas. *Water Science & Technology*, 87(9), 2142-2158.
- 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.
- Griffiths, G. (2002). Technology and applications of autonomous underwater vehicles (Vol. 2). CRC Press.
- Gundersen, D.T. (2015). Bioaccumulation of Contaminants in Paddlefish. *Paddlefish Aquac.*(1):209–226. doi:10.1002/9781119060376.ch7.
- Häder, D. P., Banaszak, A. T., Villafañe, V. E., Narvarte, M. A., González, R. A., & Helbling, E. W. (2020). Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications. *Science of the Total environment*, 713, 136586.
- Haiqal, M. R. N., Utami, B. W., Achmad, L., & Suryanda, A. (2021). Mitigasi Alami Pengasaman Laut. *Jurnal Ekologi, Masyarakat & Sains*, 2(2), 42–47.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Maury, H. K., & Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura.

- Jurnl Ilmu Lingkungan, 16(1), 35–43.  
<https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>
- Han, Q., Liu, Y., Lu, Z. (2020). Temporary Driving Restrictions, Air Pollution, and Contemporaneous Health: Evidence from China, *Regional Science and Urban Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103572>.
- Hananingtyas I. (2017). Bahaya Kontaminasi Logam Berat Merkuri ( Hg ) Dalam Ikan Laut. *J Tek Lingkung*. 2(2):38–45.
- Haney, J. C., Geiger, H. J., & Short, J. W. (2014). Bird mortality from the Deepwater Horizon oil spill. I. Exposure probability in the offshore Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 513, 225-237. <https://doi.org/10.3354/meps10991>
- Hardoko, E. (2018). Hari Ini dalam Sejarah: Pengeboran Minyak Deepwater Horizon Meledak. <https://internasional.kompas.com/read/2018/04/20/12593911/hari-ini-dalam-sejarah-pengeboran-minyak-deepwater-horizon-meledak>. Diakses 12 September 2024.
- Harrison, J. (2017). *Saving the oceans through law: the international legal framework for the protection of the marine environment*. Oxford University Press.
- Hartley, B. L., Thompson, R. C., & Pahl, S. (2015). Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. *Marine pollution bulletin*, 90(1-2), 209-217.
- Harumanti, E.D. (2015). Pengelolaan balas: kerangka hukum internasional dan perbandingan hukum di Indonesia. *Jurnal Hukum Lingkungan*. 2, 1-24.
- Hasibuan, Z. H., Yulianto, B., & Nuraini, R. A. T. (2020). Analisis Timbal pada Air, Sedimen dan Enhalus Acoroides, Royle 1839 (Angiosperms: Hydrocharitaceae) di Perairan Jepara. *Journal of MarineResearch*, 9(3), 230–236.  
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27477>
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., ... & Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742.
- Hong S, Lee J, Lim S (2017) Navigational threats by derelict fishing gear to navy ships in the Korean seas. *Mar Pollut Bull* 119:100–105. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.006>
- Horton, A. A., & Barnes, D. K. (2020). Microplastic pollution in a rapidly changing world: Implications for remote and vulnerable marine ecosystems. *Science of The Total Environment*, 738, 140349.

<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3049457/Where-computergoes-die-Shocking-pictures-toxic-electronic-graveyards-Africa-West-dumps-old-PCs-laptopsmicrowaves-fridges-phones.html> diakses 4 September 2024

[http://www.sea.edu/spice\\_atlas/nuclear\\_testing\\_atlas/french\\_nuclear\\_testing\\_in\\_polynesia](http://www.sea.edu/spice_atlas/nuclear_testing_atlas/french_nuclear_testing_in_polynesia).

<https://alchetron.com/Marine-outfall>

<https://citarumharum.jabarprov.go.id/>. Akibat Buang Sampah Sembarangan, Banyak Hewan Jadi Korban. <https://citarumharum.jabarprov.go.id/akibat-buang-sampah-sembarangan-banyak-hewan-jadi-korban/>. Diakses 12 September 2024.

[https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-540-77587-4\\_16](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-540-77587-4_16)

<https://tiscookislands.org/predicting-the-impacts-of-deep-seabed-mining/>

<https://www.health.com/us-beaches-fecal-contamination-7559482> diakses 4 September 2024

<https://www.mdpi.com/2073-4441/16/1/35>

[https://www.mdpi.com/journal/water/special\\_issues/Microplastics\\_Impacts](https://www.mdpi.com/journal/water/special_issues/Microplastics_Impacts)

<https://www.portonews.com/2023>. Ribuan Ikan Mati di Teluk Pandan Pesawaran Akibat Limbah Solar, Kerugian Puluhan Juta Rupiah. <https://www.portonews.com/2023/oil-and-chemical-spill/ribuan-ikan-mati-di-teluk-pandan-pesawaran-akibat-limbah-solar-kerugian-puluhan-juta-rupiah/>. Diakses 12 September 2024.

Hu, B.Q., Cui, R.Y., Li, J., Wei, H.L., Zhao, J.T., Bai, F.L., Song, W.Y., and Ding, X. (2013). Occurrence and distribution of heavy metals in surface sediments of the Changhua River Estuary and adjacent shelf (Hainan Island). *Mar Pollut Bull* 76, 400–405.

Hughes, T. P., Anderson, K. D., Connolly, S. R., Heron, S. F., Kerry, J. T., Lough, J. M., ... & Wilson, S. K. (2017). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, 359(6371), 80-83.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Chase, T. J., Dietzel, A., ... & Wilson, S. K. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556(7702), 492-496.

Husen, O. O., Abdullah, N., Farastuti, E. R., Rumondang, A., Gaffar, S., Rombe, K. H., ... & Irawan, H. (2024). Potensi Dan Pengelolaan Sumber Daya Kelautan Indonesia. *Kamiya Jaya Aquatic*.

- Hutubessy, B.G., Paillin, J.B., Haruna, H., Tawari, R.H., Siahainenia, S.R., Kaledupa, M. (2023). Upaya Pencegahan Isu Kontaminasi Merkuri Pada Ikan Di Kawasan Perairan Pulau Ambon, Provinsi Maluku. *J Abdi Insa*. 10(2):845–953. doi:10.29303/abdiinsani.v10i2.975.
- Ihsan, B. (2021). Identification of Pathogenic Bacteria Contamination (*Vibrio* spp. and *Salmonella* spp.) in Flying Fish and Milkfish in Traditional Markets. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 24(1):89–96. doi:10.17844/jphpi.v24i1.34198.
- Ikhtiar, M. (2017). Analisis Kualitas Lingkungan. CV. Social Politic Genius (SIGn).
- Incardona, J. P., Gardner, L. D., Linbo, T. L., Brown, T. L., Esbaugh, A. J., Mager, E. M., ... & Scholz, N. L. (2014). Deepwater Horizon oil spill impacts on fish early life stages in the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(15), E1510-E1518.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (1976). A comprehensive plan for the global investigation of pollution in the marine environment and baseline study guidelines (IOC Technical Series No. 14). UNESCO.
- International Maritime Organization. International Covention for the Prevention of Pollution from Ships 1973 beserta protokol (The Protocol of Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1978).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Retrieved from [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- Issifu, I., Alava, J. J., Lam, V. W. Y., & Sumaila, U. R. (2022). Impact of Ocean Warming, Overfishing and Mercury on European Fisheries: A Risk Assessment and Policy Solution Framework. *Frontiers in Marine Science*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.770805>
- Jalaluddin, M., Octaviyani, I. N., Putri, A. N. P., Octaviyani, W., & Aldiansyah, I. (2020). Padang Lamun Sebagai Ekosistem Penunjang Kehidupan Biota Laut Di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Indonesia. *Jurnal Geografi*, 20(1), 44–53. <https://doi.org/10.17509/gea.v20i1.22749>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & 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. *Mar Pollut Bull* 81:49-54. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.021>
- Jaya E eElminsyah. 2021. Pengembangan Sumber Daya Air. Volume ke-01. UMUS PRESS. Jln. P. Diponegoro Km. 2 Wanasari Brebes 52252 - Jawa Tengah / Telp: 0878-1127-0127. Website: [www.lppm.umus.ac.id/upstore](http://www.lppm.umus.ac.id/upstore) E-mail: [ummuspress@umus.ac.id](mailto:ummuspress@umus.ac.id).
- Jepson, P. D., Deaville, R., Barber, J. L., Aguilar, A., Borrell, A., Murphy, S., ... & Law, R. J. (2016). PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports*, 6, 18573.
- Jernelöv, A. (2017). The long-term fate of invasive species. *Aliens forever or integrated immigrants with time*, 1-296.
- Kadiri, T. E. (2015). Regulating land-based sources and activities causing pollution of the coastal and marine environment in South Africa, Kenya and Nigeria within the context of integrated coastal zone management.
- Katadata, 2021. Kota dengan Kualitas Udara Terburuk di Dunia. [Katadata.co.id](http://katadata.co.id). <https://katadata.co.id/>. Diakses pada 10 Juli 2024.
- Keller, J. M., Kucklick, J. R., Stamper, M. A., Harms, C. A., & McClellan-Green, P. D. (2004). Associations between organochlorine contaminant concentrations and clinical health parameters in loggerhead sea turtles from North Carolina, USA. *Environmental Health Perspectives*, 112(10), 1074-1079.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2018). Pedoman Umum Restocking Jenis Ikan Terancam Punah. Direktorat Konservasi dan Keanekaragaman Hayati Laut, Ditjen Pengelolaan Ruang Laut, KKP.
- Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 1986 Tentang Pengesahan International Covention for the Prevention of Pollution from Ships 1973 beserta protokol (The Protocol of Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1978). Lembaran RI Tahun 1986, No. 46. Jakarta.
- Ketchum, B. H. (1975). Biological implications of global marine pollution. In *The changing global environment* (pp. 311-328). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Khairina, E., Purnomo, E. P., & Malawnai, A. D. (2020). Sustainable Development Goals: Kebijakan Berwawasan Lingkungan Guna

- Menjaga Ketahanan Lingkungan Di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 26(2), 155. <https://doi.org/10.22146/jkn.52969>
- Khairunnisa., Setyobudiandi, I., & Boer, M. (2018). Estimasi Cadangan Karbon Pada Lamun Di Pesisir Timur Kabupaten Bintan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 639-650. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i3.21397>
- Khairunnisa, N., Mandang, I., & Munir, R. (2024). Penentuan Status Mutu Air Laut Menggunakan. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 7(1).
- Khan F.R. (2018). Ecotoxicology in the Anthropocene: are we listening to nature's scream? *Environ Sci Technol* 52(18):10227-10229
- KKP [Kementerian Kelautan dan Perikanan]. (2020). Pencemaran Laut. <https://kkp.go.id/djpkrl/pencemaran-laut65fa488bb74d0/detail.html>. Diakses 11 September 2024.
- Kobilinsky, D. (2017). Impacts of Deepwater Horizon spill ripple through food web. <https://wildlife.org/impacts-of-deepwater-horizon-spill-ripple-through-food-web/>. Diakses 12 September 2024.
- Kochhar, N., I.K, K., Shrivastava, S., Ghosh, A., Rawat, V. S., Sodhi, K. K., & Kumar, M. (2022). Perspectives on the microorganism of extreme environments and their applications. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100134>
- Krushelnyska O. (2018). Solving Marine Pollution: Successful models to reduce wastewater, agricultural runoff, and marine litter (English). World Bank Group, Washington, D.C.
- Kurtela, A., & Antolović, N. (2019). The problem of plastic waste and microplastics in the seas and oceans: impact on marine organisms. *Croatian Journal of Fisheries*, 77(1), 51-56.
- Kusnadi. (2009). Keberdayaan nelayan & dinamika ekonomi. Jogjakarta. Ar-Ruzz Media.
- Kusumastanto, T., Damar, A., & Adrianto, L. (2012). Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut. Universitas Terbuka. Tangerang Selatan.
- Laloë, J. O., Cozens, J., Renom, B., Taxonera, A., & Hays, G. C. (2016). Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Global Change Biology*, 23(11), 4922-4931.
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., ... & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460-462.

- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ... & Zhong, M. (2018). The Lancet Commission on pollution and health. *The lancet*, 391(10119), 462-512. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- Lange A, Paull GC, Hamilton PB, Iguchi T, Tyler CR. (2011). Implications of persistent exposure to treated wastewater effluent for breeding in wild roach (*Rutilus rutilus*) populations. *Environ Sci Technol* 45:1673–1679. <https://doi.org/10.1021/es103232q>
- Lavers, J. L., & Bond, A. L. (2016). Ingested plastic as a route for trace metals in Laysan albatross (*Phoebastria immutabilis*) and Bonin petrel (*Pterodroma hypoleuca*) from Midway Atoll. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 493-500.
- Lebreton L, Andrady A. (2019). Future Scenarios of Global Plastic Waste Generation and Disposal. *Palgrave Commun* 5:6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
- Lebreton, L.C., van der Zwet, J., Damsteeg, J-W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. (2017) River plastic emissions to the world's oceans *Nature. Communications* 8:5611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Libes, S. (2009). *Introduction to Marine Biogeochemistry*. California (US): Academic Press. 909p
- Likadja, F. (1990). Perkembangan Hukum Lingkungan Internasional. *Jurnal Hukum & Pembangunan*, 20(3), 228. <https://doi.org/10.21143/jhp.vol20.no3.894>
- Lin, V.S. (2016). Research highlights: Impacts of microplastics on plankton. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 18(2), 160–163. <https://doi.org/10.1039/c6em90004f>.
- Liston, B. (2014). BP Oil Spill Caused Sickness In Fish, Researchers Find. [https://www.huffpost.com/entry/bp-oil-spill-fish\\_n\\_5572111](https://www.huffpost.com/entry/bp-oil-spill-fish_n_5572111). Diakses 12 September 2024.
- Llodrà-Llabrés, J., Martínez-López, J., Postma, T., Pérez-Martínez, C., & Alcaraz-Segura, D. (2023). Retrieving water chlorophyll-a concentration in inland waters from Sentinel-2 imagery: Review of operability, performance and ways forward. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 125, 103605. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103605>
- Luoma, S.N., & Rainbow, P.S. (2005). Why is metal bioaccumulation so variable? *Biodynamics as a unifying concept. Environ Sci Technol*. 39(7):1921–1931. doi:10.1021/es048947e.

- Madhav, S., Ahamad, A., Singh, A. K., Kushawaha, J., Chauhan, J. S., Sharma, S., & Singh, P. (2020). Water pollutants: sources and impact on the environment and human health. *Sensors in water pollutants monitoring: Role of material*, 43-62.
- Magno, F. A. (2017). Environmental movements in the Philippines. In *Asia's Environmental Movements* (pp. 143-175). Routledge.
- Maharani, S., Aryanta, W.R. (2023). Dampak Buruk Polusi Udara Bagi Kesehatan Dan Cara Meminimalkan Risikonya. *J Ecocentrism*. 3(2):47-58. doi:10.36733/jeco.v3i2.7035.
- Maharani, N. T., Setiawan, A., & Fuad, M. A. Z. (2022). Pemodelan tumpahan minyak (oil spill) pada perairan Kepulauan Riau menggunakan perangkat lunak general NOAA oil modelling environment (GNOME). *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 5(1), 571-584.
- Maji, S., Dwivedi, D. H., Singh, N., Kishor, S., & Gond, M. (2020). Agricultural waste: Its impact on environment and management approaches. *Emerging eco-friendly green technologies for wastewater treatment*, 329-351.
- Mangara, M.A. (2015). Pencegahan Pencemaran Laut (Madiong Baso & Sobirin, Eds.; 1st ed.). SAH MEDIA. [https://www.google.co.id/books/edition/Pencegahan\\_Pencemaran\\_Laut/v15tDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&kptab=overview](https://www.google.co.id/books/edition/Pencegahan_Pencemaran_Laut/v15tDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&kptab=overview)
- Manyangadze, M., Chikuruwo, N. H. M., Narsaiah, T. B., Chakra, C. S., Radhakumari, M., & Danha, G. (2020). Enhancing adsorption capacity of nano-adsorbents via surface modification: A review. *South African Journal of Chemical Engineering*, 31, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2019.11.003>
- Martin, J.M., Windom, H.L. (1991). Present and future roles of ocean margins in regulating marine biogeochemical cycles of trace elements. pp 45e67. In: Mantoura RFC, Martin J-M, WollastR, editors. *Ocean Margin Processes in Global Change*. Wiley Interscience.
- Martin, J.M., and Whitfield, M. (1983). The significance of the river input of chemical elements to the ocean. In: Wong CS, Boyle E, Bruland KW, Burton JD, Goldberg ED. *Trace Metals in Sea Water*. New York (US): Plenum. 265-296pp.
- Mattsson, K., Johnson, E.V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L.A., Cedervall, T. (2017). Brain Damage and Behavioural Disorders in Fish Induced by Plastic Nanoparticles Delivered through the Food Chain. *Sci Rep* 7:11452. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10813-0>



- Maximillian, J., Brusseau, M. L., Glenn, E. P., & Matthias, A. A. (2019). Pollution and environmental perturbations in the global system. In *Environmental and pollution science* (pp. 457-476). Academic Press.
- McNutt, M. K., Camilli, R., Crone, T. J., Guthrie, G. D., Hsieh, P. A., Ryerson, T. B., ... & Shaffer, F. (2012). Review of flow rate estimates of the Deepwater Horizon oil spill. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(50), 20260-20267.
- Meilanda, E.C., Septia Dwi Cahyani, Rudy Joegijantoro. (2022). Pengaruh Faktor Internal Terhadap Kejadian Dermatitis Kontak Iritan (Dki) Pada Nelayan Di Desa Padelegen Kabupaten Pamekasan. *J Hyg Sanitasi*. 2(2):49-56. doi:10.36568/hisan.v2i2.31.
- Miyah, Y., El Messaoudi, N., Benjelloun, M., Acikbas, Y., Şenol, Z. M., Cigeroğlu, Z., & Lopez-Maldonado, E. A. (2024). Advanced applications of hydroxyapatite nanocomposite materials for heavy metals and organic pollutants removal by adsorption and photocatalytic degradation: A review. *Chemosphere*, 358, 142236. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142236>
- Mohite, V. T. (2022). Pollution and pollution control. In *Emerging trends in environmental biotechnology* (pp. 11-21). CRC Press.
- Mokodompit, T.M., Anis, H., Rumimpunu, D. (2021). Kajian kebijakan terhadap pencemaran laut menurut peraturan pemerintah nomor 19 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran dan/atau perusakan laut. *Lex Admiratum*, 9, 1-11.
- Moore, P. (2018). Moore on Pricing: The cost of ocean pollution. *Logistics Management*. [https://www.logisticsmgmt.com/article/moore\\_on\\_pricing\\_the\\_cost\\_of\\_ocean\\_pollution](https://www.logisticsmgmt.com/article/moore_on_pricing_the_cost_of_ocean_pollution). Accessed 17/01/2020
- Mulyadi, S. (2015). *Ekonomi Kelautan*. PT Raja Grafindo Persada.
- Muthu, P.S., Rane, N. R., Li, X., Otari, S. V., Girawale, S. D., Palake, A. R., Kodam, K. M., Park, Y.-K., Ha, Y.-H., Kumar Yadav, K., Ali Khan, M., & Jeon, B.-H. (2023). Magnetic nanostructured adsorbents for water treatment: Structure-property relationships, chemistry of interactions, and lab-to-industry integration. *Chemical Engineering Journal*, 468, 143474. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143474>
- Nabi, G., McLaughlin, R. W., Hao, Y., Wang, K., Zeng, X., Khan, S., & Wang, D. (2018). The possible effects of anthropogenic acoustic pollution on marine mammals' reproduction: an emerging threat

- to animal extinction. *Environmental science and pollution research*, 25, 19338-19345.
- Najam, L., & Alam, T. (2023). Occurrence, distribution, and fate of emerging persistent organic pollutants (POPs) in the environment. In *Emerging contaminants and plants: interactions, adaptations and remediation technologies* (pp. 135-161). Cham: Springer International Publishing.
- Najamuddin, (2017). *Dinamika Logam Berat Pb dan Zn di Perairan Estuaria Jeneberang, Makassar*. Disertasi (ID). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Najamuddin, Inayah., Labenua, R., Samawi, M.F., Yaqin, K., Paembonan, R.E., Ismail, F., and Harahap, Z.A. (2024). Distribution of heavy metals Hg, Pb, and Cr in the coastal waters of small islands of Ternate, Indonesia. *Ecological Frontiers* 44 (2024): 529-537.
- Najamuddin, Prartono, T., Sanusi, H.S., Nurjaya, I.W. (2016). Seasonal distribution and geochemical fractionation of heavy metals from surface sediment in a tropical estuary of Jeneberang River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 111 (2016) 456-462.
- Nash, J. P., Kime, D. E., Van der Ven, L. T., Wester, P. W., Brion, F., Maack, G. & Tyler, C. R. (2004). Long-term exposure to environmental concentrations of the pharmaceutical ethynylestradiol causes reproductive failure in fish. *Environmental health perspectives*, 112(17), 1725-1733. <https://doi.org/10.1289/ehp.7209>
- Nasution, A. P., Wibowo, E. A., Puspita, L., Efendi, Y., Firdaus, R., Hamta, F., ... & Rafiqah, T. (2018). Isu dan Masalah Lingkungan Hidup. *Artikel dan Opini Ade Parlaungan Nasution*, 1(1).
- Negahdari, S., Sabaghan, M., Pirhadi, M., Alikord, M., Sadighara, P., Darvishi, M., & Nazer, M. (2021). Potential harmful effects of heavy metals as a toxic and carcinogenic agent in marine food-an overview. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 52(3), 379-385.
- Negri, A. P., & Hoogenboom, M. O. (2011). Water contamination reduces the tolerance of coral larvae to thermal stress. *PLoS One*, 6(5), e19703.
- Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., ... & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: A review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, 73(9), 165-181.

- Nikijuluw, V. P. (2002). Rezim pengelolaan sumberdaya perikanan. Kerja sama Pusat Pemberdayaan dan Pembangunan Regional (P3R) dengan PT. Pustaka Cidesindo.
- Njatrijani R. (2021). Pengawasan Keamanan Pangan. *Law, Dev Justice Rev.* 4(1):12–28. doi:10.14710/ldjr.v4i1.11076.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). (2020). Deepwater Horizon Oil Spill. Diakses dari <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/significant-incidents/deepwater-horizon-oil-spill>
- \_\_\_\_\_. (2015). Deepwater Horizon Oil Spill Tied to Further Impacts in Shallower Water Corals, New Study Reports. <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/significant-incidents/deepwater-horizon-oil-spill/deepwater-horizon-oil-spil>. Diakses 12 September 2024.
- Nunes, M., & Leston, S. (2022). Coastal pollution: an overview. *Life Below Water*, 155-166.
- Nuriyah, Aman I, Pangkahila W. (2017). Pemberian bisphenol A (BPA) oral dapat menurunkan kadar testosteron pada tikus (*Rattus norvegicus*) jantan galur Sprague Dawley. *J Biomedik.* 9(2):82–87. doi:10.35790/jbm.9.2.2017.16355.
- Nwankwegu, A. S., Li, Y., Huang, Y., Wei, J., Norgbey, E., Sarpong, L., ... & Wang, K. (2019). Harmful algal blooms under changing climate and constantly increasing anthropogenic actions: the review of management implications. *3 Biotech*, 9, 1-19.
- O'Shea, F.T., Cundy, A.B., Spencer, K.L. (2018). The contaminant legacy from historic coastal landfills and their potential as sources of diffuse pollution. *Mar Pollut Bull* 128:446–455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.047>
- Occhipinti-Ambrogi, A. (2021). Biopollution by invasive marine non-indigenous species: a review of potential adverse ecological effects in a changing climate. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4268.
- Ocean Conservancy. (2019). Reducing the Impact of Ocean Pollution. Retrieved from [www.oceanconservancy.org](http://www.oceanconservancy.org)
- Ofiara, D.D., Seneca, J.J. (2006). Biological effects and subsequent economic effects and losses from marine pollution and degradations in marine environments: Implications from the literature. *Mar Pollut Bull* 52:844–864. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.02.022>
- Okoro, Hussein. K., Pandey, S., Ogunkunle, C. O., Ngila, C. J., Zvinowanda, C., Jimoh, I., Lawal, I. A., Orosun, M. M., &

- Adeniyi, A. G. (2022). Nanomaterial-based biosorbents: Adsorbent for efficient removal of selected organic pollutants from industrial wastewater. *Emerging Contaminants*, 8, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2021.12.005>
- Pallardy, R. (2024). Environmental costs. <https://www.britannica.com/event/Deepwater-Horizon-oil-spill/Environmental-costs>. Diakses 12 September 2024.
- Panjaitan, S.R, Ramadhan A, Khadijah A. (2022). Penyuluhan Marine Toxin pada Peserta TPQ Miftahul Jannah, Cipondoh Tangerang. *J Abdimas Sang Buana*. 3(1):38–45.
- Pawęska, K., Bawiec, A., & Pulikowski, K. (2017). Wastewater treatment in submerged aerated biofilter under condition of high ammonium concentration. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 24(3), 431–442. <https://doi.org/10.1515/eces-2017-0029>
- PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa). United Nations Convention on the Law of the Sea. 1982.
- Peraturan Menteri Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Pencegahan Pencemaran, Pencegahan Kerusakan, Rehabilitasi dan Peningkatan Sumber Daya Ikan dan Lingkungannya. *Berita Negara Republik Indonesia*, No. 635. Jakarta.
- Peraturan Menteri Nomor 29 Tahun 2014 Tentang Pencegahan Pencemaran di Lingkungan Maritim. *Berita Negara Republik Indonesia*, No. 1115. Jakarta.
- Peraturan Menteri Nomor 39 Tahun 2021 Tentang Penanggulangan Pencemaran di Perairan dan Pelabuhan. *Berita Negara Republik Indonesia*, No. 687. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Maritim. *Lembaran RI*, No.5109. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut. *Lembaran RI*, No.3816. Jakarta.
- Peraturan Presiden Nomor 29 Tahun 2012 Tentang Pengesahan Annex III, Annex IV, Annex V dan Annex VI of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973 as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto (Lampiran III, Lampiran IV, Lampiran V dan Lampiran VI dari Konvensi Internasional Tahun 1973 tentang Pencegahan Pencemaran dari Kapal Sebagaimana Diubah Dengan Protocol Tahun 1978 yang Terkait Daripadanya). *Lembaran RI Tahun 2012*, No.78. Jakarta.
- Pew Charitable Trusts. (2018). *Plankton: The Foundation of Oceanic Life*. Retrieved from [www.pewtrusts.org](http://www.pewtrusts.org)

- Pitt, K. A., Welsh, D. T., & Condon, R. H. (2014). Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production. *Hydrobiologia*, 695(1), 153-165.
- Plastics Europe. 2018. Plastics Europe - The facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data. PlasticsEurope, Brussels, Belgium, <https://www.plasticseurope.org/en/focus-areas/strategy-plastics>
- Pooters, G. (2013). *Marine Pollution*. 1st edition. Bookboon.com
- Popescu, S. M., Mansoor, S., Wani, O. A., Kumar, S. S., Sharma, V., Sharma, A., Arya, V. M., Kirkham, M. B., Hou, D., Bolan, N., & Chung, Y. S. (2024). Artificial intelligence and IoT driven technologies for environmental pollution monitoring and management. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1336088>
- Pratama, J.P., Alw, L.T., Pinilih, S.A.G. (2022). Eksistensi kedudukan peraturan menteri terhadap peraturan daerah dalam hierarki peraturan perundang-undangan. *Jurnal Konstitusi*, 19, 1-12.
- Prawitasari, N.Y., dan Andriyanto, Y. (2022). Analisis yuridis pencemaran laut yang disebabkan oleh limbah plastik. *Jurnal Pelita Hukum*, 3, 141-154.
- Purcell, J. E., Uye, S., & Lo, W. T. (2012). Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 350, 153-174.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbunan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141-147.
- Purwendah, E. K., & Erowati, E. M. (2021). Prinsip Pencemar Membayar (Polluter Pays Principle) Dalam Sistem Hukum Indonesia. In *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan Undiksha* (Vol. 9, Issue 2). <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPP>
- Putranto, P. (2023). Prinsip 3R: Solusi Efektif untuk Mengelola Sampah Rumah Tangga. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 8591-8605.
- Putri, N.S. (2022). Pencemaran Perairan Laut Indonesia: Dampak dan Cara Menanggulangi. <https://lautsehat.id/kompetisea-2/nadiasp/pencemaran-perairan-laut-indonesia-dampak-dan-cara-menanggulangi/>. Diakses 11 September 2024.
- Rahmadani, T.B.C., dan Diniariwisan, D. (2023). Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) di Perairan dan Dampak Terhadap

- Ikan (Review). Ganec Swara. 17(2):440. doi:10.35327/gara.v17i2.440.
- Rahman, M.A., Hasegawa, H., and Lim, R.P. (2012). Bioaccumulation, biotransformation and trophic transfer of arsenic in the aquatic food chain. *Environmental Research* 116 (2012) 118-135.
- Rahman, Z., & Singh, V. P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs)(arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. *Environmental monitoring and assessment*, 191, 1-21.
- Rahmi E, Putra UN. 2024. Book · July 2023. Ekotoksikologi. Get Prass Indonesia. Kota Padang, Sumatra Barat. Website: [www.globaleksektiftrknologi.co.id](http://www.globaleksektiftrknologi.co.id).
- Rajmohan, K. V. S., Ramya, C., Viswanathan, M. R., & Varjani, S. (2019). Plastic pollutants: effective waste management for pollution control and abatement. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 12, 72-84.
- Rampen, Y.A., Paseki, D.J., Muaja, H.S. (2022). Ratifikasi perjanjian internasional melalui peraturan perundang-undangan nasional dibidang hak asasi manusia. *Lex Privatum*, 10, 1-15.
- Reichelt-Brushett, A. (2023). *Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation*. Southern Cross University, Australia. Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, United Kingdom. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment.
- Reichelt-Brushett, A., Clark, M., and Birch, G.F. (2017). Physical and chemical factors to consider when studying historical contamination and pollution in estuaries. In: Weckström K, Sauunders K, Gell P (eds) *Applications of paleoenvironmental techniques in estuarine studies*. Springer, Netherlands, pp 239-276.
- Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(6), 312-322.
- Rochman, C.M. (2016). Strategies for reducing ocean plastic debris should be diverse and guided by science. *Environ Res Lett* 11:041001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/041001>
- Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., & Kaye, S. (2016). Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris. *Environmental Science & Technology*, 47(3), 1646-1654.

- Roman, L., Schuyler, Q. A., Hardesty, B. D., & Townsend, K. A. (2019). The exposure of marine birds to ingested plastic: A global assessment. *Science of the Total Environment*, 624, 682-692.
- Rosyada, K., Zulhata, A. I., & Marsetio. (2020). Memajukan Keamanan Maritim Pada Sektor Keselamatan Laut Dalam Menghadapi Penyebaran Covid-19. *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(3), 489-501. <https://doi.org/10.31604/jips.v7i3.2020.489-501>
- Ryan, P. G. (2015). A brief history of marine litter research. *Marine anthropogenic litter*, 1-25.
- Sachomar, S.I., dan Wahjono, H.D. (2007). Kondisi Pencemaran Lingkungan Perairan di Teluk Jakarta. *JAI*. 3(1):47-53
- Sadin, S.Q. (2023). Isu Mutakhir dalam Bidang Kimia dan Biomonitoring untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). *ZAHRA J Heal Med Res*. 01(1):1-23.
- Sahala, A.R., dan Najicha, F.U. (2022). Penerapan asas pencemar membayar. *Jurnal Huku to ra*, 8, 209-216.
- Salim, F. (2018). Potensi Pencemaran Limbah Industri Terhadap Kesehatan Masyarakat Dan Biota Air Di Wilayah Pesisir Cilegon.
- Salim, M.A. (2022). Mikroalga Dalam Riset Biologi. Yayasan Lembaga Pendidikan dan Pelatihan Multiliterasi. Bandung. 100 hal.
- Sanam, M.U.E, Gelolodo, M.A., Tangkonda, E, Loe, F.R. (2023). Tinjauan *Vibrio Vulnificus* sebagai Ancaman Emerging Foodborne Disease pada Makanan Laut Segar. *J Kaji Vet*. 11(2):149-165. doi:10.35508/jkv.v11i2.12259.
- Santorsa, R. W. (2013). Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Nasional. *Lex Administratum*, 1(2).
- Sanusi, H.S., Fitriati, M., Haeruddin. (2005). Peranan padatan tersuspensi mereduksi logam berat Hg, Pb, dan Cd terlarut dalam kolom air Teluk Jaka\rt. *Ilmu Kelautan* 10(2), 72-77.
- Sastrini, L.K.A.M., Dewi, N.M.W. (2024). Peranan peraturan kebijakan dalam pelaksanaan fungsi pemerintahan. *Doktrin: Jurnal Ilmu Hukum dan Ilmu Politik*, 2, 214-223.
- Satria, A. (2015). Pengantar sosiologi masyarakat pesisir. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., ... & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment international*, 144, 106067.

- Schmid, D. (2023). Laboratory Studies on Aqueous Absorption and High Temperature Chemistry of NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> in Thermal Conversion of Biomass Waste.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2014). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation Biology*, 28(1), 129-139.
- Schwacke, L. H., Smith, C. R., Townsend, F. I., Wells, R. S., Hart, L. B., Balmer, B. C., ... & Zolman, E. S. (2014). Health of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Barataria Bay, Louisiana, following the Deepwater Horizon oil spill. *Environmental Science & Technology*, 48(17):10528
- Sean Gardner/Reuters, <https://www.theguardian.com/>. <https://www.theguardian.com/environment/2010/jun/30/biologists-find-oil-spill-deadzones>. Diakses 12 September 2024.
- Oktaviani, S., Siregar, S. H., Fauzi, R., Reflis, R., & Utama, S. P. (2023). Gangguan Ekosistem Laut sebagai Dampak Keberadaan PLTU Teluk Sepang Bengkulu: Sebuah Telaah Pustaka. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(6), 1061-1068. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i6.2828>
- SEPA (State Environmental Protection Administration of China). (2002). *Marine Sediment Quality*. Beijing (CN): Standards Press of China.
- Setiawan, H., Purwanti, R., & Garsetiasih, R. (2017). Persepsi dan sikap masyarakat terhadap konservasi ekosistem mangrove di Pulau Tanakeke Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 14(1), 57-70.
- Shantz, A. A., Ladd, M. C., Schrack, E., & Burkepile, D. E. (2015). Fish-derived nutrient hotspots shape coral reef benthic communities. *Ecological Applications*, 25(8), 2142-2152.
- Sherman, P., van Sebille, E. (2016). Modeling marine surface microplastic transport to assess optimal removal locations. *Environ Res Lett* 11:014006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/1/014006>
- Silliman, B. R., van de Koppel, J., McCoy, M. W., Diller, J., Kasozi, G. N., Earl, K., ... & van der Heide, T. (2012). Degradation and resilience in Louisiana salt marshes after the BP-Deepwater Horizon oil spill. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(28), 11234-11239.
- Simmonds, M.P., Dolman, S.J., Jasny, M., Parsons, E.C.M., Weilgart, L., Wright, A.J., Leaper, R. (2014). Marine noise pollution - increasing recognition but need for more practical action. *J Ocean Technol* 9:71-90



- Sinaga, E.M.C., Claudia, G.P. 2021. Pembaharuan sistem hukum internasional terkait pengesahan perjanjian internasional dalam perlindungan hak konstitusional. *Jurnal Konstitusi*, 18, 677-701.
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (2017). Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Souisa, G. V., Mallongi, A., Hasyim, H., & Hatta, M. (2015). Model Dinamis Pencemaran Cadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Di Teluk Ambon. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 11(3), 168-173.
- Subagiyo, A., Wijayanti, W. P., & Zakiyah, D. M. (2017). Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Universitas Brawijaya Press.
- Sufianti, E., Sawitri, D., Pribadi, K. N., & Firman, T. (2013). Proses kolaboratif dalam perencanaan berbasis komunikasi pada masyarakat non-kolaboratif. *MIMBAR: Jurnal Sosial dan Pembangunan*, 29(2), 133-144.
- Sugiana.I.P, Putri, P. Y. A., & Munru, M. (2022). Pencemaran Merkuri di Pesisir dan Laut: Dampak, Strategi Pemantauan, Mitigasi serta Arah Penelitian di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin* 42, 2(9), 4221-4232. <http://sinta.dikti.go.id>
- Suhendar, I. S., & Dan Heru, D. W. (2007). Kondisi Pencemaran Lingkungan Perairan Di Teluk Jakarta. Vol. 3, Issue 1.
- Sumaila, U. R., Cisneros-Montemayor, A. M., Dyck, A., Huang, L., Cheung, W. W., Jacquet, J., ... & Zeller, D. (2012). Impact of the Deepwater Horizon well blowout on the economics of US Gulf fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69(3), 499-510.
- Sunderland, E. M., Li, M., & Bullard, K. (2018). Decadal changes in the edible supply of seafood and methylmercury exposure in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 126(1), 017006.
- Suryani, L.D. (2021). Begini Ancaman Polusi Suara dan Sampah bagi Mamalia Laut. <https://www.mongabay.co.id/2021/07/05/begini-ancaman-polusi-suara-dan-sampah-bagi-mamalia-laut/>. Diakses 12 September 2024.
- Susanto, A., & Pratomo Dan Arief Rahman, H. (2015). Analisis Cemar Limbah Industri Dan Domestik Terhadap Biota Laut Di Perairan Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau. In *Analisis Cemar Limbah Industri*. JAI (Vol. 8, Issue 2).

- Susetyorini, P. (2019). Kebijakan kelautan Indonesia dalam perspektif UNCLOS 1982. *Masalah-Masalah Hukum*, 5, 164-177.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum*, 101, 133-164.
- Tedesco, P., Balzano, S., Coppola, D., Esposito, F. P., de Pascale, D., & Denaro, R. (2024). Bioremediation for the recovery of oil polluted marine environment, opportunities and challenges approaching the Blue Growth. *Marine Pollution Bulletin*, 200, 116157. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116157>
- Thomann, R.V., and Muller, J.A. (1987). *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. New York (US): Harper & Row.
- Tome, A.H., Rahim, E.I., Arief, S.A., Pautina, A. (2024). Marine pollution in Indonesia: contradiction between regulations and settlement conditions. *E3S Web of Conference* 506, 05004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450605004>.
- Torres, F.G., Dioses-Salinas, D.C., Pizarro-Ortega, C.I., and De-la-Torre, G.E. (2021). Sorption of chemical contaminants on degradable and non-degradable microplastics: Recent progress and research trends. *Science of the Total Environment*, 757, 143875. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143875>.
- Tsegaye, B. (2019). Effect of land use and land cover changes on soil erosion in Ethiopia. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 5(1), 026-034.
- Turekian, K.K. (2010). *Marine Chemistry and Geochemistry*. San Diego (US): Academic Press
- Tysi c, P., Strelets, T., & Tuszy ska, W. (2022). The Application of Satellite Image Analysis in Oil Spill Detection. *Applied Sciences*, 12(8), 4016. <https://doi.org/10.3390/app12084016>
- Uhrin, A.V. (2016) Tropical cyclones, derelict traps, and the future of the Florida Keys commercial spiny lobster fishery. *Marine Policy* 69:84-91. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.009>
- UN Atlas of the Oceans. <http://www.oceansatlas.org/servlet/CDSServlet?status¼ND0xODc3JY9ZW4mMzM9KiYzNz1rb3Mw>.
- Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 tentang Pengesahan United Nations Convention on the Law of the Sea (Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa Tentang Hukum Laut). Lembaran RI Tahun 1985, No. 76. Jakarta.
- Undang-Undang Nomor 84 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Lembaran RI Tahun 2007. Jakarta

- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2014 Tentang Kelautan. Lembaran RI Tahun 2014, No. 5603. Jakarta.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). Plastic Pollution in Oceans. Retrieved from [www.unep.org](http://www.unep.org)
- UNEP Global mercury assessment (2013). Available online: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7984/-Global%20Mercury%20Assessment-201367.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- UNEP. 1982. Marine pollution. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 25
- UNESCO/WMO Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. GESAMP I/11 17; July 1969. 28 pp. VI Annexes.
- Untu, I. M., Rarumangkay, J., & Kowel, Y. H. (2022). E-Book: Bioakumulasi Senyawa Xenobiotik. CV. Patra Media Grafindo Bandung. Bandung. 94 hal.
- Valiela, I. 1995. Marine ecological processes. 2nd. Springer
- Van Franeker, J. A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., ... & Turner, D. M. (2011). Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution*, 159(10), 2609-2615.
- Van Meter, R. J., Spotila, J. R., & Avery, H. W. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons affect survival and development of loggerhead sea turtle embryos and hatchlings. *Environmental Health Perspectives*, 114(7), 1026-1031.
- Vikas, M., & Dwarakish, G. S. (2015). Coastal pollution: a review. *Aquatic Procedia*, 4, 381-388.
- Wahyuni, S. (2021). Implementasi the international convention for the prevention of pollution from ship (marpol convention) 1973/1978 terhadap pencemaran laut di Indonesia. Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba, 7, <http://dx.doi.org/10.29313/.v0i0.30293>.
- Walker, C.H., Sibly, R.M., Hopkin, S.P., Peakall, D.B. (2012). Principles of ecotoxicology. 4th ed. CRC Press
- Walker, T. R., Adebambo, O., Feijoo, M. C. D. A., Elhaimer, E., Hossain, T., Edwards, S. J., ... & Zomorodi, S. (2019). Environmental effects of marine transportation. In *World seas: an environmental evaluation* (pp. 505-530). Academic Press.
- Wardana, G. A., & Azzahra, A. (2022). Pencemaran Laut (Kajian Ecosophy Dalam Pandangan Seyyed Hossein Nasr Dan

- Refleksinya Terhadap Strategi Penanggulangan Pencemaran Laut Di Indonesia) (Vol. 4).
- Warsiman., Maswita., Sipahutar, A., Tanjung, J.H.S. (2023). Analisis yuridis tentang pertanggungjawaban pidana terhadap pemalsuan otentik yang dilakukan analisis yuridis tindak pidana pencemaran laut menurut undang-undang nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. *Jurnal Normatif*, 3, 212-223.
- Weis, J. S. (2024). *Marine Pollution: What Everyone Needs to Know®*. Oxford University Press.
- White, H. K., Hsing, P. Y., Cho, W., Shank, T. M., Cordes, E. E., Quattrini, A. M., ... & Fisher, C. R. (2012). Impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deep-water coral community in the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109.
- Wibowo, A. (2016). Strategi adaptasi Nelayan di pulau-pulau kecil terhadap dampak perubahan iklim (Kasus: Desa Pulau Panjang, Kecamatan Subi, Kabupaten Natuna, Kep. Riau).
- Widiastuti, M. M., Ruata, N. N., & Arifin, T. (2016). Valuasi ekonomi ekosistem mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Merauke. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 11(2), 147-159.
- Wilcox, C., Hardesty, B.D., Law, K.L. (2020). Abundance of floating plastic particles is increasing in the western North Atlantic Ocean. *Environ Sci Technol* 54:790–796. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04812>
- Wilcox, C., Van Seville, E., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), 11899-11904.
- Wilkinson, C. (2008). Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre.
- Willis, K. A., Serra-Gonçalves, C., Richardson, K., Schuyler, Q. A., Pedersen, H., Anderson, K., ... & Puskic, P. S. (2022). Cleaner seas: reducing marine pollution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(1), 145-160.
- Willner, M. R., & Vikesland, P. J. (2018). Nanomaterial enabled sensors for environmental contaminants. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0419-1>
- Windom, H.L. (1992). Contamination of the marine environment from land-based sources. *Mar Pollut Bull*;25(1-4):32e36.

- World Bank. (2018). Hotspot sampah laut di Indonesia. <https://documents1.worldbank.org>
- WRI (World Resources Institute). (2019). A Sustainable Ocean Economy: Strategies for Balancing Growth and Conservation. Retrieved from [www.wri.org](http://www.wri.org)
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- WWF (World Wildlife Fund). (2020). The Impact of Chemical Pollution on Marine Life. WWF Report.
- Xian, G., Shi, H., Dewitz, J., & Wu, Z. (2019). Performances of WorldView 3, Sentinel 2, and Landsat 8 data in mapping impervious surface. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100246>
- Xiang, Y., Jiang, L., Zhou, Y., Luo, Z., Zhi, D., Yang, J., and Lam, S.S. (2022). Microplastics and environmental pollutants: Key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126843. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126843>
- Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental science and engineering*, 6(7), 140-158.
- Yamin, M. (2020). Mengenal Dampak Negatif Penggunaan Zat Adiktif pada Makanan terhadap Kesehatan Manusia. *J Pengabdian Magister Pendidik IPA*. 3(2). doi:10.29303/jpmppi.v3i2.517.
- Yin, S., Zhang, X., Yin, H., & Zhang, X. (2022). Current knowledge on molecular mechanisms of microorganism-mediated bioremediation for arsenic contamination: A review. *Microbiological Research*, 258, 126990. doi:10.1016/j.micres.2022.126990.
- Yu, Y., Mo, W.Y., and Luukkonen, T. (2021). Adsorption behaviour and interaction of organic micropollutants with nano and microplastics – A review. *Science of the Total Environment*, 797, 149140. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149140>
- Yuantari, M.C. (2011). Dampak Pestisida Organoklorin Terhadap Kesehatan Manusia dan Lingkungan Serta Penanggulangannya. Pros Seminars Peran Kesehatan Masyarakat dalam Pencapaian MDG'S di Indones. April:187-199.

- Zhang, B., Matchinski, E. J., Chen, B., Ye, X., Jing, L., & Lee, K. (2019). Marine oil spills—oil pollution, sources and effects. In *World seas: an environmental evaluation* (pp. 391-406). Academic Press.
- Zhou, Q., Wang, S., Liu, J., Hu, X., Liu, Y., He, Y., He, X., & Wu, X. (2022). Geological evolution of offshore pollution and its long-term potential impacts on marine ecosystems. *Geoscience Frontiers*, 13(5). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101427>

# **PENCEMARAN LAUT DAN TRANSFER POLUTAN**

Lautan mencakup sekitar 71% permukaan bumi dan merupakan rumah bagi berbagai ekosistem yang sangat beragam dan kompleks. Ekosistem laut seperti terumbu karang, mangrove, dan lamun berperan penting dalam mendukung kehidupan berbagai spesies, termasuk manusia. Ironinya masih banyak orang-orang secara rutin membuang sampah, limbah sampai bahan kimia beracun ke laut dengan sedikit pemahaman tentang konsekuensinya. Di mana yang terus menerus jika dilakukan justru menciptakan masalah yang lebih besar dan lebih besar lagi untuk generasi yang akan datang. Pencemaran laut merupakan salah satu masalah lingkungan yang dihadapi saat ini dan seringkali disebabkan oleh aktivitas atau kegiatan manusia. Sebagian besar pencemaran laut yang disebabkan oleh manusia dilakukan baik secara langsung maupun tidak langsung. Kontaminasi ini bisa berasal dari berbagai jenis polutan, termasuk zat kimia, mikroorganisme, dan sampah fisik seperti plastik, yang menyebabkan kerusakan pada habitat laut serta menurunkan kualitas air. Polusi laut memiliki dampak yang sangat merusak terhadap ekosistem laut dan pesisir, mempengaruhi berbagai aspek mulai dari biota laut, terumbu karang, hingga rantai makanan. Dampak tersebut tidak hanya terbatas pada lingkungan laut, tetapi juga mempengaruhi kesehatan manusia yang mengonsumsi produk laut yang tercemar. Buku ini memberikan analisis yang komprehensif mengenai pencemaran di laut, sumber pencemaran, jenis-jenis polutan, dampak pencemaran laut pada ekosistem sampai pada kesehatan manusia, kebijakan dan regulasi terkait pencemaran, teknologi dan inovasi pencegahan pencemaran, dan peran aktif masyarakat dalam pengelolaan pencemaran laut.



Penerbit KAMIYA JAYA AQUATIC  
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,  
Kota Ternate, Maluku Utara  
Telp. : 0812-2279-3284  
Email : [kamiyajayaaquatic@gmail.com](mailto:kamiyajayaaquatic@gmail.com)  
Website : <https://kjaquatic.com/>

