

SAMPAH LAUT DI INDONESIA

POTENSI DAN METODE RISET

Koko Ondara



Sampah Laut Di Indonesia : Potensi dan Metode Riset

**Dilarang memproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku dalam bentuk
atau cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit**

©Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No.28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Sampah Laut Di Indonesia : Potensi dan Metode Riset

Penulis :
Koko Ondara

AMaFRaD  PRESS

Sampah Laut Di Indonesia : Potensi dan Metode Riset

Penulis:

Koko Ondara

Perancang Sampul :

Koko Ondara

Penata Isi :

Koko Ondara

Jumlah halaman :

v i + 43 halaman

Edisi/Cetakan :

Cetakan pertama, 2020

Diterbitkan oleh :

AMAFRAD Press

Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan

Gedung Mina Bahari III, Lantai 6, Jl. Medan Merdeka Timur,

Jakarta Pusat 10110

Telp. (021) 3513300 Fax: 3513287

Email : amafradpress@gmail.com

Nomor IKAPI: 501/DKI/2014

ISBN : 978-623-7651-52-9

e-ISBN : 978-623-7651-61-1 (PDF)

© 2020, Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan buku ini dapat selesai. Tujuan dari penulisan buku ini adalah untuk memberikan uraian tentang metode dalam melakukan penelitian pengumpulan data sampah laut yang berada di kawasan pantai, muara sungai dan permukaan perairan. Metode yang dijelaskan dalam buku ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan dalam metode penelitian yang telah berkembang saat ini, sehingga data yang telah diperoleh dapat dianalisis lebih lanjut dikarenakan telah menggunakan metode yang identik diseluruh lokasi. Penulisan buku ini masih belum sempurna dan penulis akan terus melakukan perbaikan pada edisi berikutnya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Riset Sumber Daya Manusia Kementerian Kelautan dan Perikanan atas bantuannya dalam pelaksanaan kegiatan riset ini sehingga buku ini dapat selesai. Semoga materi yang terdapat dalam buku ini berguna dan bermanfaat buat kita semua

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada : Prof. Dr. Ir. Ngurah N. Wiadnyana, DEA., Prof. Dr. Ketut Sugama, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Sonny Koeshendrajana, dan Dr. Ir. I Nyoman Suyasa, M.S., Dr. Singgih Wibowo, M.S, dan Dr. Ing Widodo S. Pranowo, M.Sc., yang telah mengkoreksi dan memberikan masukan kepada Penulis sehingga buku Sampah Laut Indonesia: Pontensi dan Metode Riset ini menjadi lebih sempurna dan penyajian materi yang lebih baik.

Ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada Kepala Pusat Riset Kelautan serta jajarannya atas bantuannya secara administratif dan teknis, Kepala Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir serta jajarannya, rekan Peneliti dan rekan-rekan dosen Universitas Syah Kuala, Universitas Andalas dan Universitas Riau atas masukan yang berharga bagi penyempurnaan materi buku ini serta atas bantuan dan kerjasamanya dalam penyusunan buku ini

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
DAFTAR GAMBAR	V
DAFTAR TABEL	VI
I. POTENSI SAMPAH LAUT DI INDONESIA	1
1.1. Gambaran Umum.....	1
1.2. Dasar Hukum Sampah Laut di Indonesia	2
1.3. Batasan Sampah Laut di Pesisir Pantai.....	3
II. JENIS SAMPAH LAUT DAN PROSES PENGAMBILAN DATA	5
2.1. Tujuan.....	5
2.2. Kategori Sampah Laut	6
III. SURVEI DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA LAPANGAN	9
3.1. Pemantauan Sampah Laut	10
3.2. <i>Standing Stock Survey</i>	13
3.3. Desain Survei.....	13
3.3.1. Pemilihan Lokasi	15
3.3.2. Frekuensi Pengambilan Data	15
3.3.3. Peralatan Survei.....	16
3.3.4. Karakterisasi Pesisir	17
3.4. Pengumpulan Data.....	17
3.4.1 Sampah Makro di Pantai	18
3.4.2 Sampah Meso dan Mikro di Pantai	21
3.4.3. Permukaan Laut.....	22
3.4.4. Muara Sungai.....	24
IV. ANALISIS DATA	25
4.1 Area Pantai	25
4.2. Area Permukaan Perairan	30
4.3. Area Sungai	33

IV. PENUTUP	37
DAFTAR PUSTAKA	39
BIOGRAFI PENULIS.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Batasan wilayah pesisir (Bengen, 2001).....	3
Gambar 2: Klasifikasi sampah berdasarkan ukuran	7
Gambar 3: Metode transek pada lokasi pengambilan data di pantai.....	19
Gambar 4: Ukuran minimum partikel sampah makro.	20
Gambar 5: Sampel area pengambilan sampah mikro.....	21
Gambar 6: Transek pengumpulan data permukaan laut secara visual.....	23
Gambar 7: Desain survei pengumpulan data sampah muara sungai.	24
Gambar 8: Contoh analisis data persentase jumlah dan massa sampah pesisir.....	28
Gambar 9: Contoh kepadatan sampah: jumlah item (a) dan massa sampah (b).	28
Gambar 10: Persentase jenis sampah plastik berdasarkan jumlah dan massa.	29
Gambar 11: Proses pengambilan data sampah pesisir pantai.....	30
Gambar 12: Grafik sampah laut hasil penelitian.	32
Gambar 13: Contoh proses pengambilan data sampah laut di permukaan perairan.....	32
Gambar 14: Data sampah muara sungai terhadap pasang surut.	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1: Perbandingan metode survei NOAA dan UNEP.....	11
Tabel 2: Jangkauan visual survei diatas kapal	23
Tabel 3: Kategori jenis sampah laut di lokasi penelitian	25
Tabel 4: Lembar Kerja Karakteristik Lokasi Pantai.....	26
Tabel 5: Lembar Kerja Karakteristik Sampah Di Pantai	27
Tabel 6: Lembar Kerja Karakteristik Sampah di Permukaan Laut	31
Tabel 7: Lembar Kerja Karakteristik Muara Sungai	33
Tabel 8: Lembar Kerja Survei Muara Sungai	34

I. POTENSI SAMPAH LAUT DI INDONESIA

1.1. Gambaran Umum

Sampah laut, atau saat ini lebih populer dikenal dengan istilah *marine debris* adalah benda-benda padat yang secara langsung maupun tidak, disengaja atau tidak disengaja, dan dibuang serta ditinggalkan begitu saja di lingkungan laut (NOAA, 2013). Keberadaan sampah laut tentu saja memberi dampak pada kesehatan manusia maupun makhluk hidup lainnya yang terdapat di lingkungan perairan laut, terutama bagi manusia yang mengkonsumsi produk yang berasal dari laut yang telah tercemar oleh sampah laut.

Indonesia disebut sebagai kontributor sampah plastik ke laut terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok, dengan estimasi 0,48 – 1,29 juta metrik ton per tahun (Jambeck et al., 2015). Hal ini diperkuat oleh Barboza et al.(2018), yang memperkirakan bahwa peningkatan sampah laut akan terjadi secara global pada 2025 jika tidak ditangani secara serius. Masalah sampah di Indonesia umumnya disebabkan oleh aktivitas antropogenik dari darat yang kemudian masuk ke laut melalui sungai-sungai yang ada (Lebreton et al., 2017). Beberapa penelitian mengenai sampah pesisir dan sungai di Indonesia diantaranya telah dilakukan di Palu, Sulawesi Tengah (Walalangi et al., 2020), Pulau Seribu dan Ambon (P. Uneputty dan Evans, 1997; P. A. Uneputty dan Evans, 1997), sampah laut di padang lamun (Mandasari, 2014) dan *plastic debris* (Jambeck et al., 2015; Sherman dan Van Sebille, 2016; Willoughby et al., 1997).

Berdasarkan data, 80% sampah laut berasal dari sampah yang dihasilkan di daratan yang berasal dari kegiatan antropogenik manusia. Sementara itu, sampah asli yang dihasilkan dari aktivitas laut sendiri hanya sejumlah 20%. Pencemaran sampah laut telah menjadi perhatian The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sejak awal 1980-an, dan secara resmi telah diakui sebagai masalah serius oleh pemerintah federal Amerika Serikat sejak berlakunya Undang-Undang Penelitian dan Pengendalian Pencemaran Plastik Laut (MPPRCA) pada 1987. Undang-undang ini adalah salah satu aturan hukum yang pertama dalam memberikan prioritas penelitian dan memberikan kewenangan pendanaan untuk partikel

sampah laut di Amerika Serikat. Undang-undang ini memberikan mandat khusus untuk program pemetaan; identifikasi; penilaian dampak; kegiatan penghapusan dan pencegahan; penelitian dan pengembangan alternatif untuk berbagai ancaman terhadap lingkungan laut; dan kegiatan lain yang terkait.

Standarisasi pemantauan dan pengukuran partikel sampah laut dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas kebijakan dalam upaya mengurangi partikel sampah laut dan target prioritas untuk pencegahan dan mitigasi (NRC, 2009). Misalnya, di Teluk Alaska, Pusat Sains Perikanan, NOAA Alaska melakukan monitoring garis pantai sebelum dan sesudah implementasi Konvensi Internasional untuk Pencegahan Polusi dari Kapal (MARPOL). Hasil monitoring menunjukkan penurunan jumlah partikel sampah laut yang signifikan. Kompleksitas distribusi partikel sampah laut di lingkungan perairan membutuhkan pendekatan yang lebih baik dan terdefinisi dalam mengkarakterisasi dan melakukan pendataan terhadap masalah sampah laut. Partikel sampah laut memasuki lingkungan laut melalui berbagai macam cara dan akan semakin banyak dengan semakin luasnya lautan, jalur distribusi partikel sampah laut dari sungai, dan variabilitas spasial dan temporal lainnya yang dapat mempengaruhi siklus perjalanan partikel sampah laut (Cole et al., 2011; Doyle et al., 2011; Ryan et al., 2009). Metode yang dijelaskan dalam buku ini dalam melakukan penilaian partikel sampah laut adalah modifikasi dan pengembangan yang dilakukan pada 1992 oleh NOAA Marine Entanglement Research Programme. Pedoman yang diuraikan di sini menggabungkan teknologi modern dan peralatan manual pengambilan sampel. Dalam pedoman ini, terdapat juga acuan untuk memperkirakan konsentrasi partikel di garis pantai, di permukaan perairan dan survei visual di laut.

1.2. Dasar Hukum Sampah Laut di Indonesia

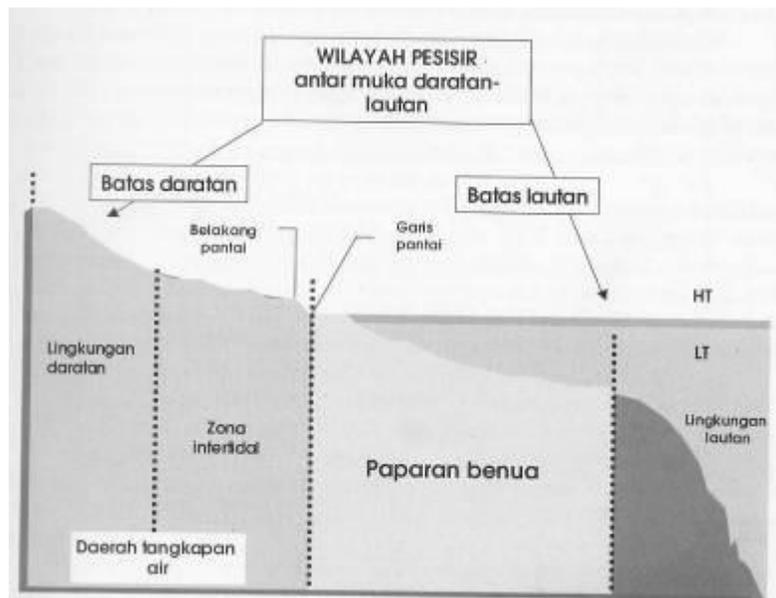
Peraturan perundang-undangan yang menjadi acuan hukum dalam pelaksanaan teknis kegiatan riset ini di antaranya:

- a. Peraturan Pemerintah Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut.
- b. Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga.

- c. Peraturan Pemerintah Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- d. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan.
- e. Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Sampah.

1.3. Batasan Sampah Laut di Pesisir Pantai

Perairan Pesisir menurut Permen KP No.24 Tahun 2019 adalah laut yang berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai, perairan yang menghubungkan pantai dan pulau-pulau, estuari, teluk, perairan dangkal, rawa payau, dan laguna. Daratan seperti sedimentasi dan mengalirnya air tawar ke laut, serta daerah-daerah laut yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan.



Gambar 1: Batasan wilayah pesisir (Bengen, 2001).

Kondisi suatu wilayah pesisir erat kaitannya dengan sistem sungai yang bermuara di wilayah itu; perubahan sifat fisik sungai yang mungkin terjadi, baik yang disebabkan oleh proses alami maupun akibat kegiatan manusia; baik yang terjadi di hulu maupun hilir, akan mempengaruhi wilayah pesisir yang bersangkutan (Supriharyono, 2000). Kualitas lingkungan perairan adalah suatu kelayakan lingkungan perairan untuk menunjang kehidupan dan

pertumbuhan organisme air yang nilainya dinyatakan dalam kisaran tertentu. Wilayah pesisir dapat berfungsi sebagai zona penyangga dan merupakan habitat bagi berbagai jenis biota tempat pemijahan, pembersaran, mencari makan dan tempat berlindung bagi berbagai jenis biota laut.

II. JENIS SAMPAH LAUT DAN PROSES PENGAMBILAN DATA

Pelaksanaan pengambilan data sampah laut merupakan suatu proses yang tidak hanya melibatkan tim survei, tetapi juga melibatkan individu dan kelompok/organisasi lain demi kelancaran kegiatan. Berikut ini tahapan yang harus dilaksanakan supaya kegiatan survei pengambilan data dan analisis data berjalan lancar dan efisien:

- a. Persiapan
 - Konsultasi dengan narasumber/ahli
 - Koordinasi dengan instansi terkait
 - Studi literatur (penelitian terdahulu, metode, dan historis)
- b. Pengumpulan Data Sekunder
 - Data iklim dan oseanografi
 - Data pustaka
 - Peta garis pantai dan batimetri
 - Penelitian terdahulu
- c. Pengumpulan Data Primer
 - Pengumpulan data identifikasi sampah laut
- d. Pengolahan dan Analisis Data
 - Analisis data sampah laut

2.1. Tujuan

Pedoman dalam buku ini dimaksudkan sebagai dasar untuk pemantauan dan penilaian sampah laut nasional dengan tujuan utama sebagai berikut:

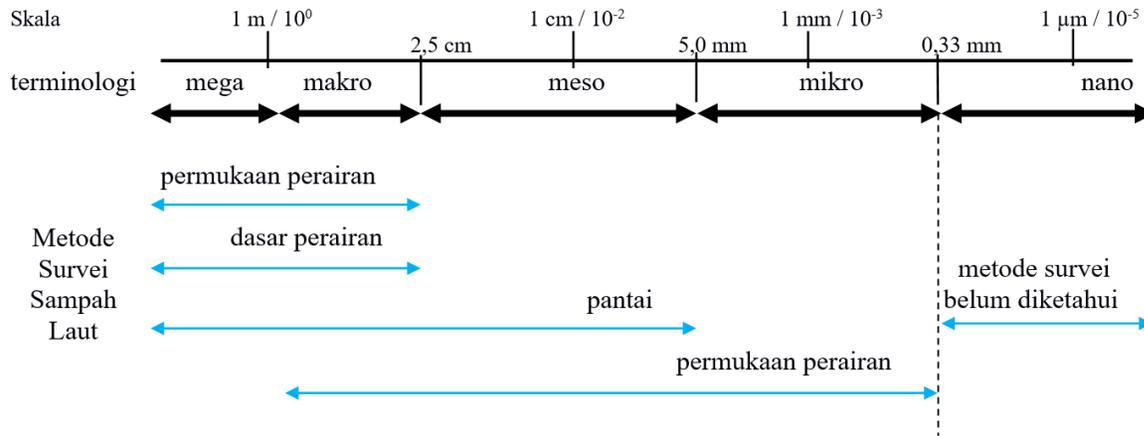
- Memperkirakan jumlah sampah di tingkat lokal, regional dan nasional berdasarkan jenis dan penggunaan lahan atau parameter terkait lainnya.
- Menentukan jenis dan konsentrasi sampah berdasarkan kategori material pembentuk (plastik, gelas logam, karet, kertas/kayu olahan, kain, lainnya).
- Mengetahui distribusi spasial dan variabilitas sampah.
- Menentukan trend jenis dan konsentrasi sampah laut.

2.2. Kategori Sampah Laut

Sumber sampah laut yang mengapung di permukaan lautan mungkin sulit untuk diidentifikasi, mengingat potensi durasi waktu sampah yang dapat mengapung dalam waktu lama (Ryan et al., 2009). Hampir terjadi di seluruh negara, sulit untuk mengendalikan atau mencegah masuknya sampah laut yang berasal dari darat atau laut sehingga pada akhirnya sebagian sampah tersebut akan mengapung di permukaan laut. Pedoman riset dalam buku ini mengambil pendekatan setiap potongan sampah dicatat sesuai dengan kategori material benda atau produk tertentu (rekomendasikan (Ribic et al., 1993)). Kategori sampah laut dalam buku ini adalah sampah plastik, logam, gelas, karet, kertas/kayu olahan, kain, dan sampah lainnya atau sampah tidak terklasifikasi. Untuk benda-benda yang tidak terdapat dalam kategori sampah yang ada, dimasukkan ke dalam bagian “sampah tidak terklasifikasi”, tetapi harus dituliskan jenis sampahnya. Untuk beberapa daerah di Indonesia di mana terdapat beberapa jenis sampah regional yang unik dan tidak terdapat di daerah lain, sangatlah penting untuk dilakukan pencatatan sebagai upaya untuk mengidentifikasi jenis sampah baru tersebut untuk mengevaluasi tren sampah pada skala regional yang unik dan tidak bisa dimasukkan ke dalam penilaian skala lokal terhadap variabilitas spasial, temporal, jenis dan jumlah sampah pada umumnya (NRC, 2009; Ribic et al., 2012, 2011; Sheavly dan Register, 2007).

Massa partikel sampah sulit untuk diukur karena tergantung pada kadar air pada benda tersebut. Untuk melakukan perhitungan massa sampah, maka perlu dilakukan proses pembersihan partikel sampah laut dari zat cair, sedimen dan benda lainnya yang terdapat pada sampah tersebut. Penilaian terhadap jumlah sampah per luasan (item/m^2) cenderung memiliki hasil yang lebih akurat dan tetap jika dibandingkan mengukur sampah laut yang memiliki massa tambahan air. Pengambilan sampah laut di pantai dan permukaan perairan dapat dibedakan antara partikel besar ($>30\text{cm}$) dan serpihan kecil ($<30\text{cm}$). Sampah laut dengan ukuran yang besar memiliki luas permukaan yang lebih luas dan memiliki potensi lebih besar mengganggu ekosistem pesisir. Selain itu, sampah laut dengan ukuran besar di pantai tidak akan berubah posisinya ditempat pertama kali ditemukan dalam jangka waktu yang panjang dan berpotensi sering dijumpai berulang kali bila dilakukan pengambilan data yang berulang-dalam dalam

jangka waktu pendek dilokasi tersebut. Gambar 2, di bawah ini menunjukkan kisaran ukuran sampah dan metode yang digunakan.



Gambar 2: Klasifikasi sampah berdasarkan ukuran
 Sumber: modifikasi Lippiatt et al., 2013

Pedoman dalam buku ini meliputi 4 (empat) kategori utama lokasi sampah laut, yaitu:

- Pantai: penilaian konsentrasi serpihan (*debris concentration*) di beberapa segmen garis pantai yaitu sampah makro (> 2,5 cm) dan meso (5 mm-2,5 cm).
- Permukaan Perairan: penilaian konsentrasi sampah yang mengapung di permukaan perairan yaitu sampah makro (> 2,5 cm), sampah meso (5 mm-2,5 cm) dan sampah mikro (panjang kurang dari 5 mm).
- Pengamatan Visual: Panduan untuk melakukan survei visual menggunakan kapal untuk sampah makro yang mengambang (> 5 cm).
- Muara Sungai: Penilaian sampah makro (> 2,5 cm) di sekitar muara sungai

III. SURVEI DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA LAPANGAN

Garis pantai merupakan salah satu lokasi yang sering dijadikan lokasi pengambilan data oleh peneliti, dosen, mahasiswa, pemerintah, dan lembaga/instansi lainnya. Survei di daerah pantai biasanya lebih mudah diakses, murah, dan lokasi yang mengalami interaksi dengan lingkungan laut dan darat. Seringkali konsentrasi sampah tertinggi ditemukan di pantai serta menjadi salah satu acuan dalam penilaian konsentrasi sampah laut di suatu wilayah pesisir.

Keselamatan harus menjadi prioritas utama di setiap kegiatan survei. Karena kegiatan ini dilakukan di lapangan, potensi bahaya akan selalu ada. Berhati-hati dan ikuti pedoman keselamatan umum yang berlaku di lokasi riset. Kiat-kiat keselamatan di bawah ini hanya sebagai panduan umum, pimpinan kegiatan harus memahami semua risiko daerah penelitian yang terkait dengan kegiatan pengambilan data, selalu berhati-hati dan melakukan penilaian awal terhadap risiko kegiatan. Penilaian risiko operasional harus mencakup sumber daya (misalnya, peralatan, kapal, komunikasi, peralatan perlindungan pribadi), bahaya lingkungan (misalnya, akses lokasi, gelombang laut), personel (pengalaman, pelatihan pra survei, kesiapan fisik dan mental), cuaca, dan potensi lainnya.

- Jangan sendiri ketika melakukan survei dan kegiatan lapangan lainnya.
- Beri tahu seseorang di mana anda berada dan kapan anda akan kembali.
- Bawa alat komunikasi untuk keadaan darurat, misalnya ponsel atau radio. Jika tidak ada sinyal, gunakan GPS *Locator* atau suar nelayan sebagai alat bantu.
- Selalu bawa P3K, persediaan air dan tabir surya, serta perlindungan terhadap serangga.
- Persiapan akibat suhu yang terlampau panas dan angin kencang.
- Persiapan terhadap cuaca dan ombak. Jangan melakukan riset ketika cuaca buruk dan saat pasang surut menghalangi akses lokasi survei karena dapat terjebak di lokasi tersebut.
- Pakailah pakaian yang sesuai. Pastikan untuk memakai sepatu dan sarung tangan saat menangani serpihan yang tajam dan berbahaya.

- Waspada lingkungan sekitar anda jangan sampai jatuh atau terpeleset, gunakan sepatu atau alas kaki yang sesuai dengan karakteristik lokasi riset.
- Saat berada di kapal, selalu kenakan jaket pelampung Anda dan pastikan jaket itu memenuhi standar.
- Benda/objek besar dan berat harus dibiarkan di tempatnya. Jangan mencoba mengangkat benda sampah berat karena benda tersebut memiliki potensi berat air tambahan dan mengangkatnya dapat menyebabkan cedera.
- Mencari informasi nomor telepon instansi terdekat (Kepolisian, BNPB, tokoh masyarakat, dll) untuk melaporkan sesuatu yang membutuhkan tindakan darurat dan pertolongan.
- Jika ragu terhadap suatu benda atau objek, jangan mengambil atau menyentuhnya, dan jika benda berpotensi berbahaya, laporkan ke pihak terkait.

3.1. Pemantauan Sampah Laut

Banyak program pemantauan sampah laut yang telah dilakukan. Sebagian besar program memiliki berbagai metodologi khusus yang berbeda-beda untuk setiap lokasi, sehingga sulit untuk membandingkan hasilnya (Barnes et al., 2009). Untuk kawasan pantai, beberapa studi melakukan penilaian terhadap jumlah atau berat sampah per satuan panjang garis pantai (Barnes and Milner, 2005; Bowman et al., 1998; Ondara dan Dhiauddin, 2020) atau *strandline* (misalnya, Velandar dan Mocogoni, 1999) sementara yang lain menggunakan jumlah atau berat sampah per-area garis pantai (Acha et al., 2003).

Selain metode yang dikembangkan oleh NOAA, ada juga metode pengumpulan data sampah laut yang dikembangkan oleh UNEP (*United Nation Environment Programme*). Perbedaan utama antara kedua metode tersebut adalah jenis penilaian dan durasi pengambilan data. NOAA hanya melakukan penilaian terhadap jenis/jumlah item sampah dengan durasi minimal selama 3 bulan, sedangkan UNEP mengembangkan metode dengan melakukan penilaian terhadap jenis/jumlah item sampah laut dengan durasi pengambilan data setiap 28 hari.

Tabel 1: Perbandingan metode survei NOAA dan UNEP

Aktivitas	UNEP	NOAA
Memindahkan sampah	Ya	Ya/Tidak
Identifikasi jumlah dan massa	Keduanya	Hanya jumlah
Panjang garis pantai	100-1000 m	100 m
Identifikasi lokasi survei	Ya	Ya
Ukuran minimum partikel	2,5 cm	2,5 cm
Frekuensi survei	Minimal setiap 3 bulan	Setiap 28 hari +/- 3 hari
Prosedur partikel kecil	Lebar transek 10 m	Pengayakan/saringan
Partikel besar dicatat terpisah	Ya	Ya
Peralatan khusus yang diperlukan	Timbangan untuk massa	Tidak

Sumber: (Lippiatt et al., 2013)

Metode survei sampah laut di daerah pantai yang dijelaskan di sini dapat dimodifikasi untuk survei akumulasi (Opfer et al., 2012). Selama survei akumulasi, pada awalnya sampah laut dihilangkan dari lokasi garis pantai. Studi akumulasi membutuhkan penghapusan awal semua sampah dari lokasi survei dan selanjutnya melakukan survei yang dilakukan secara rutin dan berkala. Karena sampah dibersihkan dari area penelitian, data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu akan memberikan perkiraan fluks sampah di pantai (dalam satuan benda/m²/waktu) terhadap konsentrasi sampah. Kedua jenis data berguna untuk mengembangkan model siklus waktu dan pergerakan sampah di lingkungan laut dan pesisir. Data fluks sampah dapat digunakan untuk menilai perubahan muatan sampah di laut, tetapi tidak dapat digunakan untuk mengevaluasi konsentrasi sampah atau dampak kumulatif sampah. Dibandingkan dengan survei lainnya, survei dengan studi akumulasi membutuhkan lebih banyak waktu dan biaya karena lebih teliti, membutuhkan pembersihan sampah, dan dilakukan periodik.

Akumulasi frekuensi survei harus dalam periode yang sama dan dengan cara yang sama agar menghasilkan kesimpulan dan data yang baik (Ribic et al., 1993). Area penelitian di area

pantai memiliki tingkat sirkulasi sampah yang relatif cepat, sehingga untuk memperkirakan fluks sampah secara akurat harus sering dilakukan pengambilan sampel. Pengukuran tingkat akumulasi harian (mis., Survei yang dilakukan setiap hari) memiliki hasil yang lebih baik daripada yang diukur selama periode bulanan (Eriksson et al., 2013), serta tingkat akumulasi harian 100-600% lebih tinggi daripada tingkat akumulasi mingguan (Swanepoel, 1995). Eriksson et al. (2013) lebih lanjut menyarankan bahwa 12 hari pengambilan sampel berturut-turut di area penelitian lebih dapat memberikan gambaran yang informatif dari pada survei bulanan selama satu tahun. Interval survei yang lama dalam pengambilan sampling data dapat mengurangi variabilitas hasil pengukuran (Ryan et al., 2009).

Sulit untuk membedakan antara faktor-faktor apa saja yang dapat menyebabkan pengendapan sampah ke garis pantai. Bergantung pada kejadian alam (mis. sesaat sebelum atau setelah peristiwa badai), aktivitas manusia, transportasi dan muara sungai. Sampah "tua" dapat muncul kembali di garis pantai ketika terjadi badai (Williams dan Tudor, 2001). Sampah dapat terkubur segera setelah deposisi, sedangkan pada kenyataannya ketika melakukan pendataan sampah di pantai, seringkali hanya mengukur tingkat akumulasi sampah yang terlihat (Ribic et al., 1993). Data akumulasi dapat juga dipengaruhi oleh masuknya sampah lateral dari lokasi garis pantai yang berdekatan. Dengan demikian, melakukan survei garis pantai mungkin bukan proksi yang cocok untuk memperkirakan muatan sampah di lautan.

Dengan pertimbangan ini, studi akumulasi sampah di daerah pantai cocok berdasarkan tujuan studi tertentu. Misalnya, survei akumulasi dapat digunakan untuk mencari lonjakan deposisi sampah dari sebuah kapal induk, setelah badai, banjir, El Nino (Morishige et al., 2007) dan lainnya. Pengukuran fluks sampah penting dilakukan untuk memahami siklus hidup sampah dan survei akumulasi akan memberikan informasi tentang kelimpahan sampah relatif dari berbagai jenis sampah.

3.2. Standing Stock Survey

Standing stock survey digunakan untuk mengukur konsentrasi sampah di lokasi garis pantai dari waktu ke waktu. Setiap kegiatan survei melakukan dokumentasi konsentrasi sampah di lokasi, dan serangkaian foto-foto ini dari waktu ke waktu akan memberikan informasi tentang perubahan konsentrasi sampah. Mengetahui konsentrasi sampah (item/m²) di berbagai lokasi garis pantai diperlukan untuk mengevaluasi dampak kumulatif dan melakukan penilaian dampak risiko sampah secara mikro di lokasi tersebut dan pada skala regional. Menggunakan cara *standing stock survey*, konsentrasi sampah yang diukur menggambarkan keseimbangan jangka panjang antara sumber sampah (berbasis darat dan laut) dan pemindahan sampah (penguburan, degradasi, dll). Analisis tentang proses kelimpahan konsentrasi sampah berubah dari waktu ke waktu memerlukan analisis lebih lanjut terhadap kondisi eksternal di sekitar lokasi tersebut (misalnya, cuaca, pasang surut, pariwisata, dan upaya pencegahan).

Untuk mendapatkan serangkaian konsentrasi sampah yang valid, aliran alami sampah ke dan di luar garis pantai tidak boleh diubah selama melakukan kegiatan survei. Integritas desain sampel harus dipertahankan dengan tidak menghilangkan sampah dari lokasi selama *standing stock survey*. Pengecualian dilakukan jika suatu benda di lokasi tersebut menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia atau berpotensi berbahaya bagi biota pesisir. Ketersediaan dan durasi sampah laut di garis pantai akan bervariasi terhadap karakteristik sampah itu sendiri, pengendapan dari sumber-sumber sampah yang berbasis darat dan laut, iklim lokal, pola cuaca, dan karakteristik pantai itu sendiri. Geomorfologi garis pantai, substrat, paparan, dan pola arus pantai adalah beberapa faktor yang akan mempengaruhi apakah lokasi tertentu cenderung menumpuk atau menangkap sampah.

3.3. Desain Survei

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa jumlah dan jenis sampah laut yang berbeda terakumulasi di garis pantai tergantung pada lokasi geografis, kondisi oseanografi dan meteorologi, pola klimatologis (seperti El Nino), dan jarak terhadap sumber-sumber berbasis daratan atau laut (Morishige et al, 2007, Sheavly, 2007). Untuk memberikan data statistik yang

lebih relevan, lokasi pemantauan harus dipilih secara acak berdasarkan strata yang sesuai (mis. penggunaan lahan, kegiatan penangkapan ikan komersial dan rekreasi, batas-batas politik, area manajemen, air hujan atau pembuangan limbah). Pertimbangan tersebut dilakukan karena ada berbagai faktor yang mempengaruhi endapan sampah di garis pantai. Beberapa penelitian belum mendeteksi perbedaan kelimpahan sampah pada suatu lokasi berdasarkan parameter stratifikasi. Total sedimen (yaitu, penambahan serta pengurangan) dan aktivitas pariwisata tidak memperhitungkan jumlah sampah yang mereka temukan di garis pantai (Van Cauwenberghe et al., 2013) dan perbedaan jumlah sampah tidak dipengaruhi oleh penggunaan lahan DAS (Versar, 2012).

Jumlah pengambilan sampel yang diperlukan untuk menilai konsentrasi sampah dalam suatu wilayah tertentu tergantung pada variabilitas spasial dan tingkat deteksi yang diharapkan (yaitu, untuk mendeteksi perubahan yang lebih kecil, diperlukan lebih banyak pengambilan sampel). Dalam setiap lokasi, tiga lokasi garis pantai 100 m dipilih secara sistematis dan tetap selama studi. Survei di lokasi tersebut dilakukan setiap dua minggu untuk jangka waktu enam bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada lebih banyak variabilitas (kesalahan standar relatif tinggi) konsentrasi sampah di antara area penelitian dalam satu lokasi dibandingkan dengan variabilitas antara lokasi di tingkat regional. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengurangi kesalahan dalam perhitungan konsentrasi sampah, survei garis pantai harus dirancang untuk menilai sampah pada skala lokasi 1.000 m (yaitu, pemilihan secara acak dalam lokasi 1.000 m).

Teknik ini dirancang agar dapat diterapkan secara umum dan diakui bahwa dalam beberapa kasus tidak mungkin untuk menemukan bentangan garis pantai 1.000 m yang sesuai untuk penilaian tingkat lokasi. Lebih lanjut, Uni Eropa/Joint Research Center Directive Framework Strategy Framework (MSFD) merekomendasikan desain studi yang mencakup lebih dari satu lokasi 100 m pada bentangan garis pantai tertentu, atau dua bagian 50 m pada garis pantai yang tidak seragam panjang bentangan pantainya (François Galgani, Georg Hanke, Stefanie Werner, Lex Oosterbaan, Per Nilsson, David Fleet, Susan Kinsey, Richard C. Thompson, Jan van Franeker et al., 2013). Teknik yang dijelaskan di bawah ini didasarkan pada penilaian

sampah di satu lokasi sepanjang 100 m, tetapi kegiatan pengambilan data yang mencakup lebih dari satu lokasi pantai akan memberikan hasil statistik yang lebih baik dan akurat.

3.3.1. Pemilihan Lokasi

Penilaian terhadap dampak survei sampah laut terhadap lingkungan sekitar harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum memulai kegiatan pemantauan. Pemantauan tidak boleh dilakukan di mana ada potensi dampak terhadap spesies atau habitat yang terancam punah. Organisasi atau kelompok yang ingin terlibat dalam kegiatan pemantauan sampah laut didorong untuk menghubungi pemilik atau pengelola lahan sekitar dan otoritas satwa liar selama proses pemilihan lokasi.

Survei area penelitian garis pantai harus memiliki karakteristik berikut:

- Pantai berpasir atau garis pantai kerikil.
- Akses yang jelas, langsung, sepanjang tahun (atau akses musiman tergantung pada kondisi fisik area penelitian)
- Tidak ada pemecah gelombang atau dermaga yang mempengaruhi sirkulasi arus sehingga terjadi penumpukan atau menghambat pengendapan sampah.
- Panjang minimum 100 m sejajar dengan air (diukur di sepanjang tepi perairan)
- Tidak ada kegiatan pembersihan rutin di area penelitian

Karakteristik ini harus dipenuhi jika mungkin, tetapi harus dianalisis berdasarkan kasus per kasus dan dimodifikasi jika sesuai untuk wilayah/lokasi atau tipe garis pantai tertentu. Panjang minimum garis pantai dipilih berdasarkan rekomendasi UNEP (Cheshire et al., 2009). Organisasi dunia UNEP dan MSFD (2013) menyarankan untuk memilih lokasi garis pantai yang memiliki kemiringan rendah hingga sedang (15-45°).

3.3.2. Frekuensi Pengambilan Data

Pengujian dua minggu sekali di pesisir Atlantik mengindikasikan bahwa dalam kebanyakan kasus, peristiwa pengambilan sampel individual dilacak secara rata-rata bulanan. Temuan ini menunjukkan bahwa pengambilan sampel sekali setiap 28 hari dapat memberikan hasil konsentrasi sampah yang lebih akurat untuk bulan tersebut. Mengikuti rekomendasi dari Survei

Program Pemantauan Sampah Laut Nasional US (Sheavly dan Register, 2007) harus selesai dalam durasi waktu tiga hari dari jadwal pengambilan sampel dimulai (dilakukan setiap 28 hari sekali).

3.3.3. Peralatan Survei

Peralatan Berikut disarankan untuk melakukan kegiatan survei pengumpulan data sampah di daerah pesisir:

- Kamera digital
- Unit GPS genggam
- Baterai ekstra (disarankan baterai isi ulang)
- Roda pengukur
- Penanda/ bendera
- Pita pengukur 100-kaki (diutamakan fiberglass)
- Peralatan P3K (termasuk tabir surya, semprotan serangga, air minum)
- Sarung tangan kerja
- Penggaris yang kokoh 12-inci
- Papan klip untuk setiap surveyor
- Lembar data (dicetak pada kertas tahan air)
- Pensil untuk penilaian meso dan microdebris
- Saringan stainless steel 5-mm
- Pinset/orceps stainless steel
- 32-ons (L) botol sampel kaca amber dengan tutup
- Corong mulut lebar (stainless steel) agar sesuai dengan botol kaca Ember plastik
- Kit quadrat (1 m²)
- Sekop lipat kecil
- Kertas tahan air untuk label
- Spidol permanen

3.3.4. Karakterisasi Pesisir

Sebelum pengambilan sampel dimulai, karakterisasi garis pantai dilakukan terlebih dahulu untuk setiap lokasi dengan panjang 100 m. Setiap lokasi survei harus diukur dan ditandai untuk akurasi dan pengulangan menggunakan roda pengukur surveyor. Ini termasuk merekam koordinat GPS dalam format derajat desimal (DDD.DDDD N/W) pada awal dan akhir setiap segmen 100 m (perhatikan bahwa lokasi di belahan bumi selatan atau barat akan memiliki garis lintang atau garis bujur negatif). Jika lebar garis pantai lebih besar dari 6 m, maka perlu dilakukan pencatatan koordinat menggunakan GPS di 4 titik sudut lokasi sampel. Selain itu, nama ID garis pantai harus dibuat dan digunakan selama kegiatan berlangsung.

Karakteristik garis pantai dan karakteristik penggunaan lahan di sekitarnya (misalnya penggunaan lahan, kota terdekat, sungai terdekat, dll) serta harus dicatat pada lembar data sebelum kegiatan survei. Karakteristik garis pantai mencakup identifikasi dan keseragaman jenis substrat primer (pasir, kerikil, dll), kisaran dan jarak pasang surut (jika ada), deskripsi penghalang pertama di bagian belakang garis pantai (bukit pasir, vegetasi, dll), dan aspek garis pantai. Penting juga untuk mencatat jarak ke titik pembuangan sampah, sungai, dan sumber sampah laut potensial lainnya serta pola tertentu yang dapat memengaruhi deposisi sampah di area tersebut. Foto digital harus diambil untuk mendokumentasikan karakteristik fisik lokasi pemantauan. Kecuali jika terjadi perubahan besar pada garis pantai, karakterisasi garis pantai hanya perlu diselesaikan satu kali per lokasi per tahun. Seperti disebutkan di atas, perubahan morfologi pantai (misalnya, sebagai akibat dari aktivitas badai) dapat mengakibatkan perubahan dalam endapan sampah.

3.4. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data sampah laut dalam buku ini dengan mengadopsi dan memodifikasi dari NOAA, 2013 dan UNEP, 2009. Metode yang digunakan disesuaikan dengan kondisi morfologi dan karakteristik daerah yang ada di Indonesia tanpa mengurangi aspek keilmuan dan standarisasi yang telah ditetapkan sebelumnya.

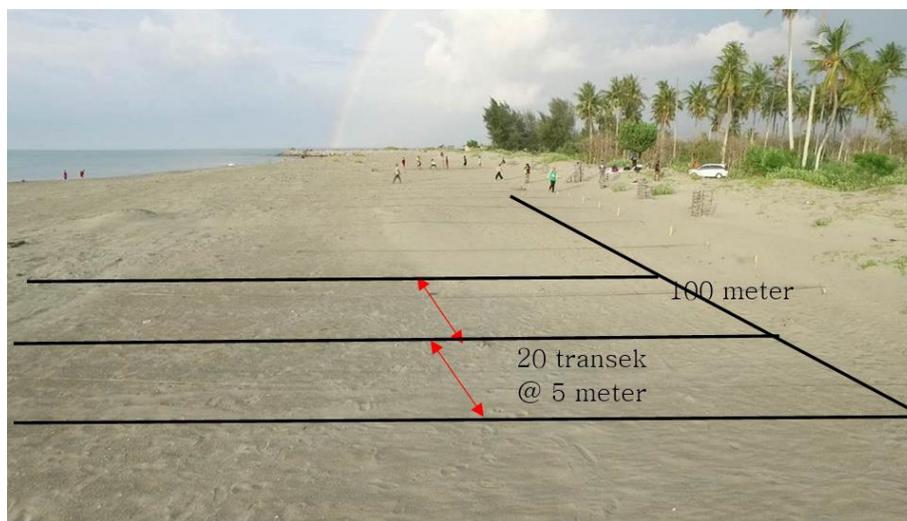
3.4.1 Sampah Makro di Pantai

Untuk menganalisis lebar maksimum bagian garis pantai selama penilaian pantai yang relatif cepat, pengambilan sampel harus dilakukan dalam waktu tiga jam setelah air surut. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan beberapa sebab, yaitu:

- Survei berdasarkan garis *wrack* pasang surut memberikan titik awal yang konsisten dan tetap di tepi perairan.
- Beberapa area penelitian tidak dapat diakses pada saat air pasang.
- Ketinggian air surut biasanya menunjukkan variabilitas yang lebih rendah daripada air pasang, yang memungkinkan waktu yang lebih besar untuk melakukan survei.
- Survei yang dilakukan sebelum air pasang dapat menghilangkan sampah yang diendapkan pada garis *wrack* saat pasang tinggi.
- Survei seluruh garis pantai (termasuk intertidal) di semua lokasi dapat menggambarkan perbandingan konsentrasi sampah di seluruh lokasi. Data mewakili seluruh lokasi garis pantai dan tidak bias terhadap ukuran sampel yang kecil (Burnham dan Anderson, 1985; Rees dan Pond, 1995).
- Kondisi air laut saat surut dapat memudahkan dan menyederhanakan pelaksanaan riset.

Jumlah transek yang dipilih untuk setiap pengambilan minimal memenuhi cakupan 20% dari seluruh bagian garis pantai. Pengambilan data sampah laut di setiap transek, dilakukan dari arah darat menuju batas perairan. Bagian belakang garis pantai didefinisikan sebagai lokasi penghalang pertama atau perubahan media primer. Mungkin ada perubahan substrat dalam zona intertidal; dalam hal ini bagian belakang garis pantai harus didefinisikan secara detail. Lebih lanjut, jika ada bukti bahwa badai atau gelombang mendorong sampah di belakang garis pantai, surveyor mencatat sampah ini dalam catatan secara terpisah. Dalam kasus ini, sampah di luar penghalang (*barrier*) belakang dicatat pada lembar data kedua dan dianalisa secara terpisah terhadap sampah yang ada di garis pantai.

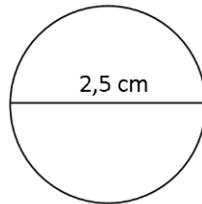
Setibanya di lokasi saat air surut, gunakan tali untuk menandai transek yang dipilih dengan bendera dan catat koordinat GPS transek dalam format derajat desimal. Bergantung pada lebar bagian garis pantai, informasi koordinat direkam pada satu titik di tengah setiap transek (lebar garis pantai <6 m atau <19,5 kaki) atau di tepi air dan belakang setiap transek (lebar garis pantai) > 6 m atau >19,5 kaki). Koordinat GPS dari masing-masing transek dicatat untuk melacak setiap perubahan morfologi pantai ketika kegiatan berlangsung. Untuk survei yang dilakukan di lokasi lintang tinggi, sertakan informasi tentang datum GPS yang digunakan di bagian catatan pada lembar data. Selain lokasi GPS, catat data tambahan sebelum survei yang mencakup panjang setiap transek dari tepi air ke penghalang pertama, waktu kegiatan, musim, dan tanggal survei terakhir, deskripsi aktivitas badai terbaru, kondisi cuaca saat ini, dan jumlah orang yang melakukan survei. Jika karakteristik ini tidak berubah untuk setiap transek dan survei, hanya perlu dicatat sekali pada satu lembar data.



Gambar 3: Metode transek pada lokasi pengambilan data di pantai.

Misalnya untuk sampel area garis pantai yang memiliki lebar total transek 100 meter, setiap transek memiliki lebar 5 meter sehingga terdapat 20 transek. Penandaan garis transek dilakukan menggunakan tali dan di setiap awal transek (arah darat) diberikan penanda seperti bendera kecil dengan nomor atau angka (nomor 1,2,3,dst atau A,B,C,dst). Pengambilan sampel sampah laut dilakukan dengan berjalan dari arah darat menuju laut dan menggunakan kantong

plastik atau karung yang berbeda untuk setiap transek sehingga tidak terjadi pencampuran sampah atau transek. Partikel sampah yang terkubur sebagian tetapi masih terlihat ada bagian yang muncul di permukaan pantai serta memiliki ukuran >2,5 cm (Gambar 4), diambil dan tetap masuk dalam perhitungan.



Gambar 4: Ukuran minimum partikel sampah makro.

Partikel sampah laut yang terdapat dibatas garis tiap transek, dimasukkan ke dalam perhitungan bagian transek berdasarkan letak dominan partikel tersebut. Misalkan sebuah botol berada diantara garis/batas transek 1 dan transek 2, posisi botol tersebut lebih banyak ke dalam area transek 2 maka botol tersebut dimasukkan kedalam perhitungan transek 2. Partikel sampah besar (> 30 cm atau sekitar 1 kaki) hanya dicatat dan didokumentasikan dalam bentuk foto. Informasi yang dicatat harus mencakup jenis sampah, status benda besar (cekung, terdampar, atau terkubur sebagian), kordinat, dan perkiraan ukuran sampah. Informasi ini penting dalam menentukan jejak benda-benda sampah besar tersebut. Dokumentasi dalam bentuk foto dilakukan untuk setiap jenis sampah yang berbeda di setiap area riset. Selain berdasarkan jenis sampah, dokumentasi juga dilakukan untuk sampah yang memiliki karakteristik khusus seperti sampah yang terkubur sebagian, sampah unik (setiap daerah memiliki sampah lokal yang ada hanya di area tersebut), sampah berbahaya dan lainnya sehingga dapat menjadi perhatian khusus terhadap jenis sampah tersebut.

Partikel sampah yang telah terkumpul diletakkan dan dikumpulkan dalam satu area untuk selanjutnya dilakukan pencucian, pembersihan, dan proses pengeringan bila akan dilakukan perhitungan massa sampah. Bila hanya melakukan perhitungan jumlah item partikel sampah laut, maka hanya perlu melakukan pemilahan untuk setiap kategori sampah (plastik, besi, kaca, dan lain-lain) untuk memudahkan pencatatan.

Konsentrasi sampah makro (item/m²) per transek dihitung sebagai berikut:

$$C = \frac{n}{(w \times l)}$$

C= Konsentrasi sampah (item/m²)

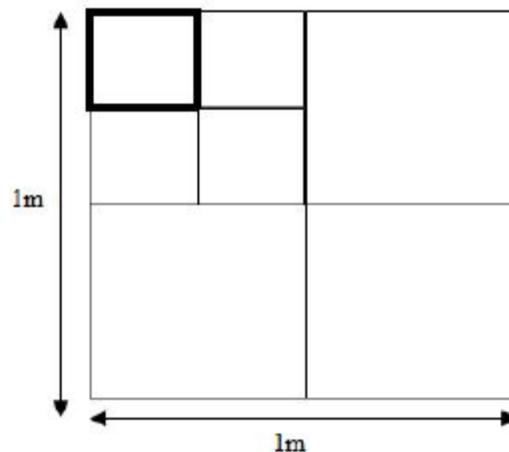
n= Jumlah item sampah makro

w= panjang transek

l = lebar transek

3.4.2 Sampah Meso dan Mikro di Pantai

Area yang digunakan untuk pengambilan sampel meso dan mikro, dipilih transek secara acak. Luas area yang dipilih adalah 1 m², lalu area tersebut dibagi menjadi 1/16 nya sehingga luasnya menjadi 0,0625 meter (Gambar 5). Misalkan untuk survei sampah makro, telah diambil lebar total transek 100 meter dengan jumlah transek 20 buah dengan lebar masing-masing 5 meter. Area sampel data untuk meso dan mikro, disarankan di transek 1, 10 dan 20 dengan mengambil area luasan 1 m² mulai dari arah darat (transek 1), tengah (transek 10) dan batas perairan (transek 20) sehingga bisa mewakili karakteristik garis pantai.



Gambar 5: Sampel area pengambilan sampah mikro.

Pengambilan partikel sampah meso dan mikro di area tersebut dilakukan dengan pengambilan pasir sedalam 3 cm dan dimasukkan ke botol/plastik sampel. Sebelum melakukan pengambilan sampel pasir, dilakukan pembersihan dulu di area tersebut (0,0625 m) dari sampah

yang berukuran > 2,5 cm. Sampel pasir tadi diberi label lalu kemudian dianalisis lebih lanjut di laboratorium (Baker et al., 2013).

Konsentrasi meso dan mikro-sampah (#sampah/m³) dihitung sebagai berikut:

$$C = \frac{n}{(axh)}$$

di mana,

C= Konsentrasi sampah (item/m³)

n= Jumlah item sampah makro

a= area sampel (0,0625 m²)

l = kedalaman sampel (3 cm)

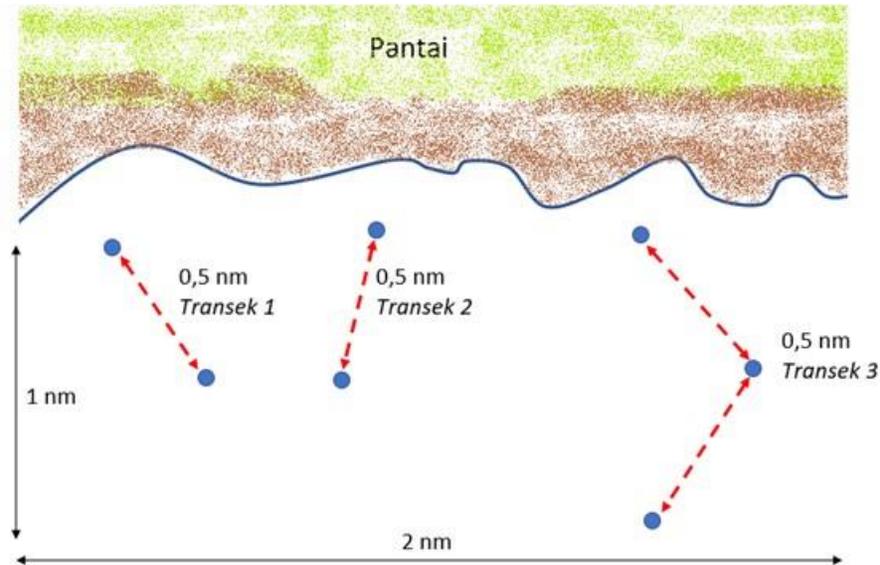
3.4.3. Permukaan Laut

Pengumpulan data sampah laut di permukaan perairan dapat dilakukan secara visual dengan menggunakan perahu. Pemilihan lokasi area perairan yang dapat dijadikan sampel area harus memperhatikan beberapa faktor seperti:

- a. Area perairan mudah dan dapat di akses setiap untuk kemudahan pengambilan data secara berulang dalam periode tertentu.
- b. Pengamatan awal di area tersebut, terdapat sampah laut di permukaan perairan.
- c. Tidak ada area yang bisa menghalangi jalur kapal seperti breakwater, *buoy* dan objek lainnya. Kegiatan juga tidak boleh dilakukan di area terlarang dan tetap memperhatikan budaya dan kearifan lokal setempat.
- d. Area tersebut tidak mengalami perubahan morfologi oleh manusia dalam waktu dekat.
- e. Tidak mengganggu habitat dan ekosistem laut.
- f. Memastikan bahwa daerah tersebut aman dan tidak terdapat objek yang dapat mengganggu keselamatan.

Jalur transek yang digunakan mengacu pada standar NOAA, 2013 (Gambar 6) dan dilakukan pada hari yang sama untuk tiap transek. Transek tersebut dapat mewakili luas area

yang telah ditetapkan dan diaplikasikan untuk memudahkan pelaksanaan survei, tetapi memungkinkan juga untuk dilakukan modifikasi terhadap jalur kapal yang disesuaikan dengan kondisi lapangan tanpa mengubah aspek utama pertimbangan dalam pemilihan area dan transek penelitian.



Gambar 6: Transek pengumpulan data permukaan laut secara visual.
 Sumber: modifikasi (Lippiatt et al. (2013)).

Ketika pengambilan data di lapangan, jangkauan visual pengamat terhadap objek disesuaikan berdasarkan tinggi pengamat dan kecepatan kapal. Misalkan ketinggian pengamat adalah 3 meter dari permukaan perairan dengan kecepatan kapal 2 knots, maka jangkauan visual objek sampah yang dapat diamati berada dalam radius 8 meter (Tabel 2).

Tabel 2: Jangkauan visual survei diatas kapal

Tinggi pengamat (m)	Kecepatan kapal (knots)			Jangkauan pengamat (m)
	2	6	10	
1	6	4	3	Jangkauan pengamat (m)
3	8	6	4	
6	10	8	6	
10	15	10	5	

Hasil pengamatan sampah permukaan laut secara visual tadi dicatat dalam lembar kerja (table) disertai dengan beberapa catatan mengenai kondisi alam ketika survei, perubahan arah kapal dan kejadian lainnya yang dianggap berpengaruh terhadap kualitas pengukuran data.

3.4.4. Muara Sungai

Banyak metode dalam pengumpulan data sampah daratan yang melalui aliran sungai di muara sungai telah dikembangkan, baik itu mikro plastik ataupun sampah makro plastik. Pengumpulan data sampah makro plastik di sungai dapat dilakukan dengan menggunakan jaring yang dipasang di seluruh atau sebagian badan sungai, menggunakan jaring yang dipasang di atas kapal ataupun menggunakan perangkat sampah dan metode visual (Gambar 7).



Gambar 7: Desain survei pengumpulan data sampah muara sungai.

Penggunaan metode dalam pengumpulan data sampah di maura sungai disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik sungai. Muara sungai yang memiliki aktivitas transportasi dan perikanan yang cukup tinggi, tidak akan cocok menggunakan perangkat sampah yang menutupi seluruh area muara sungai. Perhitungan jumlah dan massa sampah laut, dilakukan dengan prinsip yang sama seperti metode pengumpulan data sampah yang ada di pantai. Sampah yang telah dikumpulkan dikeringkan dan dibersihkan dahulu dari partikel yang melekat untuk mendapatkan massa asli dari partikel sampah tersebut.

IV. ANALISIS DATA

Sampah di lokasi penelitian berdasarkan sifat terurainya terbagi menjadi sampah organik, yaitu kayu, dan sampah anorganik. Data sampah laut terbagi dalam 3 (tiga) kategori yaitu *mega*, *macro*, dan *meso debrish*. Fokus pengamatan sampah di daerah pantai, laut, dan muara sungai pada penelitian ini hanya terbatas pada sampah organik berupa kayu berukuran >2,5 cm dan sampah anorganik, yang dibagi menjadi 7 (tujuh) kategori yaitu plastik, metal, kaca, karet, olahan kayu, pakaian, dan keramik (modifikasi dari Lippiatt et al. (2013)) seperti yang disajikan dalam Tabel 2-4). Tabel lembar kerja karekteristik lokasi riset serta karekteristik jenis, jumlah dan massa sampah bersumber dari modifikasi tabel yang terdapat pada NOA, 2013.

Tabel 3: Kategori jenis sampah laut di lokasi penelitian

No	Kategori	Jenis Sampah
1	Plastik	Pembungkus makanan, botol, wadah atau kontainer, tutup botol, kotak rokok, rokok, mancis, tali plastik/jaring kecil, alat pancing/tali pancing, cangkir/gelas plastik, parabol/peralatan plastik, sedotan, pampers, sikat gigi, kantong plastik, sendok plastik, plastik medis, karung, serpihan plastik.
2	Metal	Gelas, kaleng, paku, tutup botol, wadah obat
3	Kaca	Botol minuman, toples/kotak, fragmen kaca
4	Karet	Sandal/sepatu, fragmen karet, bola karet, sol sepatu
5	Olahan Kayu (organik)	Kardus, kertas
6	Pakaian	Pakaian, sepatu/sandal, tali/jaring, handuk/lap, potongan kain, masker, perban, kapas sintetis
7	Keramik	Keramik, porselen

Sumber: Modifikasi dari Lippiatt et al. (2013).

4.1 Area Pantai

Jenis sampah laut yang paling banyak dan sangat mudah ditemukan ditemukan berasal dari sampah plastik yang terdampar di pesisir pantai dan tertimbun di bawah pasir. Sampah plastik yang ditemukan umumnya masih dalam keadaan utuh dan tidak terurai. Untuk memudahkan pencatatan data hasil penelitian, maka perlu dilakukan pengisian form yang bisa digunakan sebagai bahan evaluasi dalam penelitian berikutnya. Form tersebut tidak hanya berisi data mengenai karakteristik sampah laut yang ditemukan, tetapi juga karakteristik lokasi penelitian untuk memudahkan analisis dalam menjelaskan fenomena atau kejadian yang dapat mempengaruhi akumulasi sampah dilokasi tersebut.

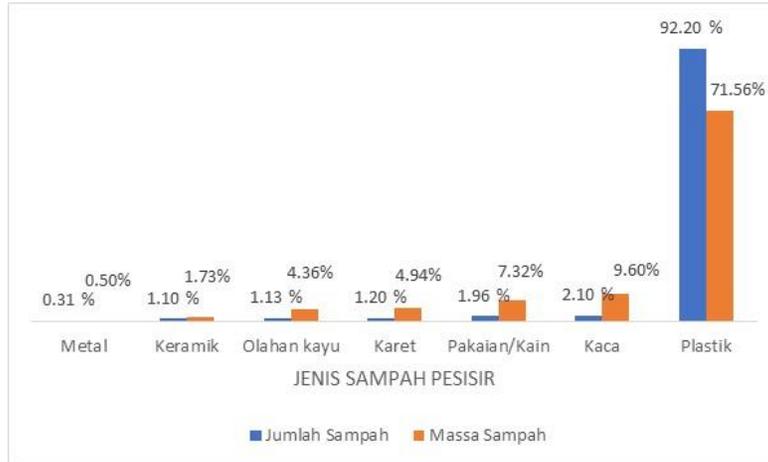
Tabel 4: Lembar Kerja Karakteristik Lokasi Pantai

No	SAMPAH PANTAI		Organisasi	
	Lembaran Karakteristik Lokasi Sekali Isi Untuk Tiap Lokasi		Nama Surveyor	
			Nomor Telp	
			Tanggal/Pukul	
LOKASI SAMPEL				
1	Nama Garis Pantai			
2	Kab/Kota & Propinsi			
3	Kordinat Awal Garis Pantai	Long	Lat	
4	Kordinat Akhir Garis Pantai	Long	Lat	
KARAKTERISTIK GARIS PANTAI				
5	Panjang Area Sampel			
6	Kemiringan Garis Pantai ($^{\circ}$)			
7	Tipe Penyusun Material Pantai			
8	Pasut (Max dan Min)			
9	Jarak Pasut di Pantai			
10	Karakter Belakang Pantai			
11	Arah Pantai			
KARAKTERISTIK PENGGUNAAN LAHAN				
12	Lokasi dan Fungsi Dominan	Kota		
		Pinggiran Kota		
		Pedesaan		
13	Jenis Akses ke Lokasi Sampel			
14	Nama Kota Terdekat			
15	Jarak ke Kota Terdekat			
16	Nama Sungai Terdekat			
17	Jarak ke Sungai Terdekat			
18	Arah Sungai dari Lokasi Sampel			
19	Aliran Sungai ke Lokasi Sampel	YA	TIDAK	
20	Pipa/Saluran ke Lokasi Sampel	YA	TIDAK	
Catatan: (Kondisi alam, hidrografi pantai, sosial masyarakat, barriers, pelayaran,dll)				

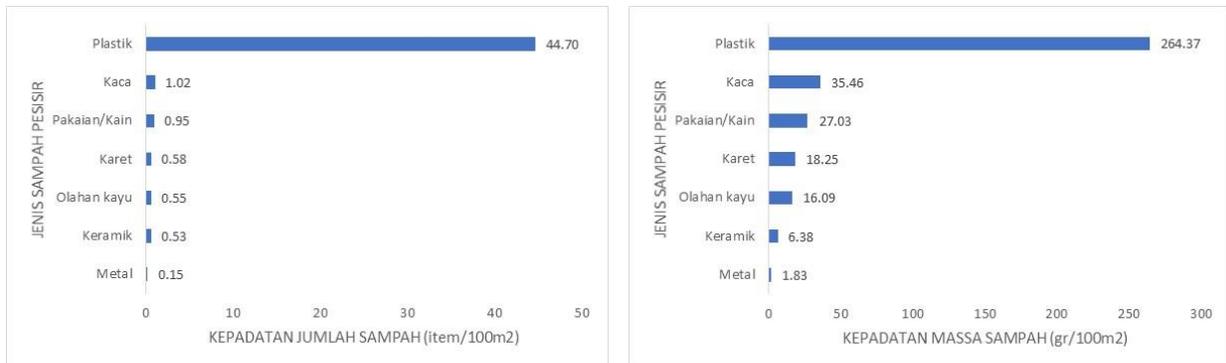
Tabel 5: Lembar Kerja Karakteristik Sampah Di Pantai

DATA SAMPAH LAUT						
No	Jenis Sampah	TALLY (item)	TOTAL (item)	Massa		
PLASTIK						
1						
2						
3						
METAL						
1						
2						
3						
KACA						
1						
2						
3						
KARET						
1						
2						
3						
OLAHAN KAYU						
1						
2						
3						
PAKAIAN/KAIN						
1						
2						
3						
BARANG TIDAK TERKLASIFIKASI						
1						
2						
3						
SAMPAH BESAR (> 30 cm)						
No	Jenis Benda	Status (terkubur, terdampar,dll)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Deskripsi	
1						
2						
3						
Note: (Item sampah laut yang memerlukan penjelasan)						

Analisis hasil pengukuran sampah yang ada di area pantai, dilakukan berdasarkan kebutuhan dan tujuan survei. Berikut ini salah satu contoh pembuatan data statistik berdasarkan hasil pengumpulan data yang dilakukan di pantai.



Gambar 8: Contoh grafik persentase jumlah dan massa sampah pesisir.

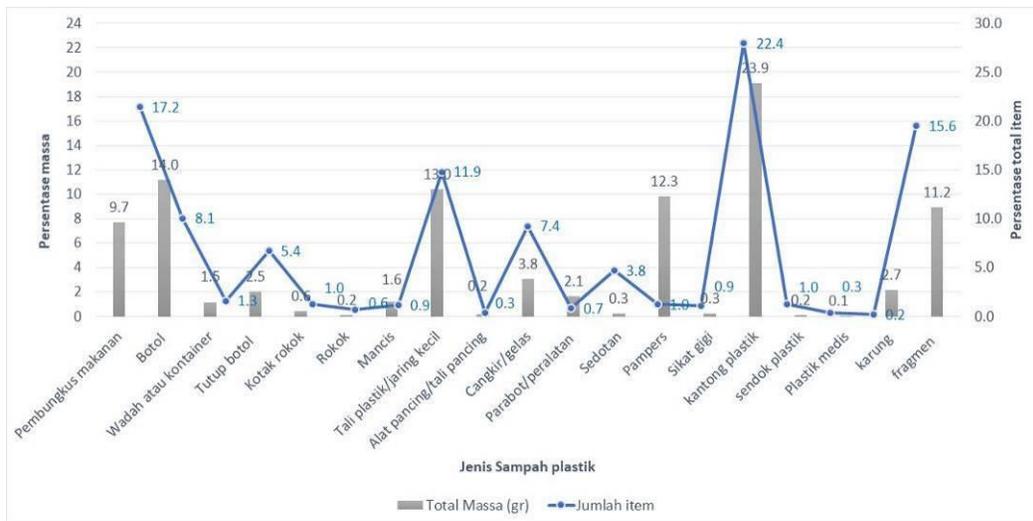


a

b

Gambar 9: Contoh grafik kepadatan sampah: jumlah item (a) dan massa sampah (b).

Dapat dilihat dari kedua Gambar 9 bahwa plastik berbobot dalam persentase paling tinggi diantara jenis sampah lainnya, yaitu 922%. Sedangkan jenis sampah dengan persentase terkecil, 0,31%, berupa kelompok metal yang terdiri dari gelas, kaleng, paku, tutup botol, dan wadah obat. Gambar 10 menunjukkan ragam sampah plastik yang berhasil dikumpulkan pada saat pengamatan di lapangan.



Gambar 10: Persentase jenis sampah plastik berdasarkan jumlah dan massa.

Berdasarkan jumlahnya, kantong plastik, botol, dan tali plastik/jaring kecil adalah jenis sampah plastik yang paling banyak ditemukan dengan total persentase masing-masing jenis sebesar 23,9%, 14%, dan 13%. Namun, hanya kantong plastik dan tali plastik/jaring kecil yang menghasilkan persentase jumlah yang berbanding lurus dengan persentase massa, yaitu sebesar 22,4% dan 11,9%, sedangkan persentase massa botol hanya mencapai 8,1%.

Beberapa item lainnya, seperti wadah/kontainer, kotak rokok, puntung rokok, mancis, alat/tali pancing, sikat gigi, serta plastik medis juga memiliki persentase massa yang sesuai dengan persentase total item yang ditemukan. Sebaliknya, pembungkus makanan, tutup botol, cangkir/gelas, sedotan, pampers, karung, dan fragmen berbeda jauh antara persentase massa dan total item. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya jumlah suatu jenis sampah tidak dapat langsung dikaitkan dengan massa sampah tersebut.



Gambar 11: Proses pengambilan data sampah pesisir pantai.

Berdasarkan pengambilan sampel yang dilakukan sebanyak (misalnya) 3 kali, terlihat adanya penumpukan partikel sampah laut yang baru untuk setiap kegiatan pengambilan data. Secara visual, sampah plastik mendominasi di (misalnya) 2 area yang berbeda dalam setiap pengambilan sampel.

4.2. Area Permukaan Perairan

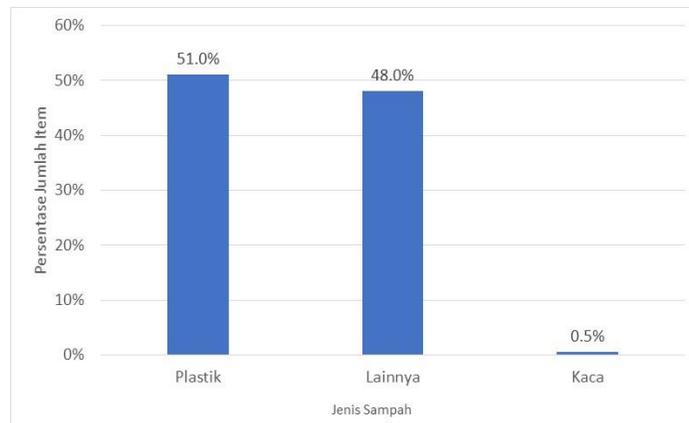
Lembar kerja yang digunakan untuk pengukuran data sampah laut di permukaan perairan, berbeda dengan lembar kerja yang digunakan untuk pengumpulan data sampah di area pantai. Pada bagian yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa di area pantai dilakukan pengukuran jumlah dan massa partikel sampah, untuk metode visual tidak dilakukan pengukuran massa sampah. Pengukuran jumlah sampah laut di permukaan perairan juga tidak dapat dilakukan secara tetap dengan transek karena kondisi dinamika perairan laut yang dapat berubah setiap saat sehingga jalur dan arah kapal akan berubah. Untuk pengumpulan data ini, diperlukan GPS untuk mencatat lokasi sampah laut yang dianggap penting dan untuk perekaman jalur kapal selama pelaksanaan.

Tabel 6: Lembar kerja karakteristik sampah di permukaan laut

Waktu (Tanggal/Bulan/Tahun):				Nama Kapal:				Nama Pengamat :													
MULAI transek				Pukul :		Arah :		Longitude :		Latitude :											
AKHIR transek				Pukul :		Arah :		Longitude :		Latitude :											
Apakah terjadi perubahan arah transek selama pengukuran?						Ya O		Tidak O		(Jika Ya, isi kolom bawah)											
Perubahan Arah 1		Waktu :		Arah Baru :		Perubahan Arah 2		Waktu :		Arah Baru :											
Pengamatan dari DARAT atau LAUT	PENGAMAT		PLASTIK				KACA		LAINNYA	BIOTA		LINGKUNGAN			CATATAN						
	Kapal	Karang/Benda diam	Benda mengapung lainnya	Pecahan plastik	Tas, terpal, serpei	Botol minuman	Kendi/wadah, ember, botol	Styrofoam	Sampah plastik lainnya	Botol kaca	Sampah kaca lainnya	Potongan kayu, Ffiber,dll	Kura-kura (Y/T)	Ubur-ubur (Y/T)	Burung laut (Y/T)	Kecepatan angin rata-rata	Kecepatan kapal rata-rata (m/s)	Cuaca (Gambarikan)	Persentase tutupan awan	Kondisi laut	Info tambahan: Gangguan, pemberhentian, perubahan kecepatan, sampah lainnya,dll

Selain melakukan pencatatan pada lembar kerja yang telah disediakan, sebaiknya juga dilakukan dokumentasi untuk memperkuat analisis terhadap data tersebut. Dokumentasi dilakukan dalam bentuk foto dan video serta mencatat koordinat menggunakan GPS untuk setiap hasil dokumentasi tersebut. Berikut ini salah satu contoh data statistik sampah laut yang dilakukan di permukaan perairan dengan metode visual:

Proses pengambilan data sampah laut dilakukan oleh (misalnya) 3 orang personil, dan jalur kapal disesuaikan dengan kondisi perairan yang memungkinkan bagi kapal untuk berlayar. Jarak terdekat jalur kapal dengan pantai adalah 40 m dan jarak terjauh 1,37 m dengan panjang lintasan perairan 10 km. Berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengambilan data sampah laut yang berada di permukaan perairan, jenis sampah yang lebih dominan adalah sampah plastik.



Gambar 12: Grafik sampah laut hasil penelitian.

Sampah laut yang ditemukan sebanyak 366 item dengan dominasi sampah plastik 51,4 %, sampah kaca 0,5 %, dan lainnya sebanyak 48,1 %.



Gambar 13: Contoh proses pengambilan data sampah laut di permukaan perairan.

4.3. Area Sungai

Penggunaan metode yang tepat dalam pengumpulan data sampah di muara sungai disesuaikan dengan kondisi dan karakteristik sungai. Muara sungai di mana aktivitas transportasi dan perikanan cukup tinggi, tidak akan cocok menggunakan perangkat sampah yang menutupi seluruh area muara sungai. Perhitungan jumlah dan massa sampah laut, dilakukan dengan prinsip yang sama seperti metode pengumpulan data sampah yang ada di pantai. Sampah yang telah dikumpulkan dikeringkan dan dibersihkan dahulu dari partikel yang melekat untuk mendapatkan massa asli dari partikel sampah tersebut.

Tabel 7: Lembar Kerja Karakteristik Muara Sungai

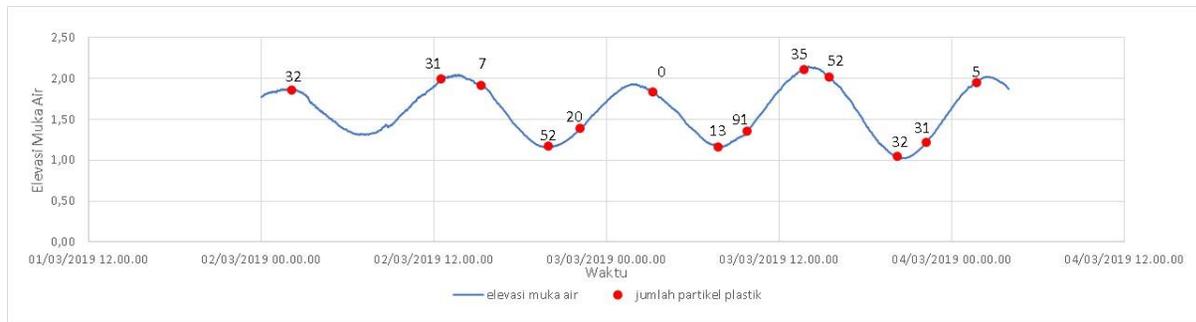
No	SAMPAH SUNGAI Lembaran Data Survei	Organisasi	
		Nama Surveyor	
		Nomor Telp	
		Email	
	Isian untuk Tiap Pengukuran	Tanggal/Pukul	
INFORMASI DASAR			
1	Nama sungai		
2	Transek		
3	Kordinat Awal sepadan sungai	Long	Lat
4	Kordinat Akhir sepadan sungai	Long	Lat
5	Arah Sungai		
6	Nama Sungai terdekat		
7	Aliran lain ke arah sungai		
KARAKTERISTIK SUNGAI			
8	Lebar area sungai		
9	Tanggal dan Jam Survei	Mulai	Selesai
10	Waktu Surut		
11	Musim		
12	Hari Terakhir Survei		
13	Badai (Seminggu Terakhir)		
14	Cuaca (termasuk Kecepatan angin dan Kelembaban)		

KARAKTERISTIK SUNGAI			
15	Jumlah Personel Survei		
16	Benda Besar di Lokasi Survei	YA	TIDAK
17	Sampah di Sepadan sungai	YA	TIDAK
Note: (Biota, jadwal pembersihan sampah, tempat pembuangan, kesulitan,dll)			

Tabel 8: Lembar Kerja Survei Muara Sungai

No	ITEM	TALLY	TOTAL	Massa	
PLASTIK					
1					
2					
METAL					
1					
2					
KACA					
1					
2					
KARET					
1					
2					
OLAHAN KAYU					
1					
2					
PAKAIAN/KAIN					
1					
2					
BARANG TIDAK TERKLASIFIKASI					
1					
2					
SAMPAH BESAR (> 30 cm)					
No	Jenis Benda	Status (terkubur, terdampar,dll)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Deskripsi
1					
2					
Note: (Untuk tiap-tiap item yang memerlukan penjelasan)					

Analisis sampah yang terdapat di muara sungai, disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan yang akan dicapai. Selain karakteristik jenis, jumlah dan massa sampah, sebaiknya menganalisis karakteristik sampah berdasarkan pasang surut dan waktu aktivitas masyarakat untuk mengetahui pola dan periode sampah terbanyak. Perhitungan dan analisis terhadap karakteristik pasang surut sebaiknya dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan waktu pengambilan data dan dapat digunakan untuk analisis hasil penelitian. Berikut ini contoh data statistik pengumpulan data di muara sungai terhadap data pasang surut:



Gambar 14: Data sampah muara sungai terhadap pasang surut.

Dari Gambar 14, dapat dianalisis perbandingan sampah yang masuk atau keluar ke arah laut melalui data saat pasang dan saat surut. Selain itu, dapat dianalisis bagaimana aliran sampah pada periode tertentu (misalnya pada waktu jam kerja dan istirahat) untuk mengetahui karakteristik sampah di aliran sungai. Pengambilan data di muara sungai akan lebih baik bila dilakukan sepanjang waktu selama satu periode pasang dan surut yaitu 15 hari (Kraines et al., 1999). Apabila tidak bisa dilakukan sepanjang waktu, maka dilakukan ketika saat pasang, menuju pasang, saat surut dan menuju surut untuk mendapatkan data yang lebih reliabel dan variatif.

IV. PENUTUP

Kompleksitas dalam penanganan dan penelitian mengenai sampah laut, memerlukan pengembangan dan penggunaan sumber daya lebih lanjut. Dalam pengumpulan *database* sampah laut yang ada di Indonesia diperlukan metode yang seragam agar tidak menyulitkan dalam membandingkan hasil yang diperoleh dari suatu lokasi dengan lokasi lainnya. Pembuatan buku mengenai pedoman riset sampah laut ini diharapkan dapat membantu para pemangku kepentingan dalam mengatasi perbedaan metode riset yang telah ada dengan harapan terbangun suatu basis data yang lebih baik dalam membantu proses penanganan sampah laut di Indonesia secara optimal. Pedoman dalam buku ini dimaksudkan sebagai pendamping dan petunjuk awal dalam melakukan kegiatan riset. Setiap metode kegiatan riset sampah laut sangat variatif dan disesuaikan berdasarkan karakteristik dan morfologi area riset. Kondisi lapangan yang bervariasi dan permasalahan sampah laut yang terus berkembang mendorong dilakukannya secara terus menerus penyempurnaan pedoman riset sampah, khususnya sampah laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Acha, E.M., Mianzan, H.W., Iribarne, O., Gagliardini, D.A., Lasta, C., Daleo, P., 2003. The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Mar. Pollut. Bull.*
[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00356-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00356-9)
- Barboza, L.G.A., Cózar, A., Gimenez, B.C.G., Barros, T.L., Kershaw, P.J., Guilhermino, L., 2018. Macroplastics pollution in the marine environment, in: *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts.*
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019-X>
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Barnes, D.K.A., Milner, P., 2005. Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean. *Mar. Biol.* <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1474-8>
- Bengen, D., 2001. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove.* Pus. Kaji. Sumberd. Pesisir dan Lautan –IPB. iii, 62.
- Bowman, D., Manor-Samsonov, N., Golik, A., 1998. Dynamics of litter pollution on Israeli Mediterranean beaches: A budgetary, litter flux approach. *J. Coast. Res.*
- Burnham, K., Anderson, D., 1985. "Efficiency and Bias in Transect Sampling. *J. Wildl. Manage.* 49, 1012–1018.
- Cheshire, a, Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., 2009. *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter, UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series.*
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.*
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Doyle, M.J., Watson, W., Bowlin, N.M., Sheavly, S.B., 2011. Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar. Environ. Res.* 71.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.10.001>
- Eriksson, C., Burton, H., Fitch, S., Schulz, M., van den Hoff, J., 2013. Daily accumulation rates of marine debris on sub-Antarctic island beaches. *Mar. Pollut. Bull.*
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.08.026>
- François Galgani, Georg Hanke, Stefanie Werner, Lex Oosterbaan, Per Nilsson, David Fleet, Susan Kinsey, Richard C. Thompson, Jan van Franeker, T., Vlachogianni, Michael Scoullou, Joana Mira Veiga, Andreja Palatinus, Marco Matiddi, Thomas Maes, Samuli Korpinen, A.B., Heather Leslie, J.G. and G.L., 2013. *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas, JRC Scientific and Policy Reports.*

- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., 2015. Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean. *Science* (80-.).
<https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Kraines, S.B., Suzuki, A., Yanagi, T., Isobe, M., Guo, X., Komiyama, H., 1999. Rapid water exchange between the lagoon and the open ocean at Majuro Atoll due to wind, waves, and tide. *J. Geophys. Res. Ocean.* <https://doi.org/10.1029/1999jc900065>
- Lebreton, L.C.M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J.W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lippiatt, S., Opfer, S., Arthur, C., 2013. Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment. NOAA Tech. Memo.
- Mandasari, M., 2014. Hubungan Kondisi Padang Lamun dengan Sampah Laut di Pulau Barranglompo. *Implement. Sci.*
- Morishige, C., Donohue, M.J., Flint, E., Swenson, C., Woolaway, C., 2007. Factors affecting marine debris deposition at French Frigate Shoals, Northwestern Hawaiian Islands Marine National Monument, 1990-2006. *Mar. Pollut. Bull.* <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.04.014>
- NRC, 2009. Tackling marine debris in the 21st century, *Tackling Marine Debris in the 21st Century.* The National Academies Press, Washington. <https://doi.org/10.17226/12486>
- Ondara, K., Dhiauddin, R., 2020. Indonesia Marine Debris : Banda Aceh Coastal Environment Identification. *J. Kelaut. Trop.* 23, 117–126. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i1.6238>
- Opfer, S., Arthur, C., Lippiatt, S., 2012. NOAA Marine Debris Shoreline Survey Field Guide.
- Rees, G., Pond, K., 1995. Marine Litter Monitoring Programmes-A Review of Methods With Special Reference to National Surveys. *Mar. Pollut. Bull.* 30, 103–108.
- Ribic, C., Dixon, T., Al, E., 1993. Marine debris survey manual, *Marine Pollution Bulletin.* [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(93\)90583-6](https://doi.org/10.1016/0025-326x(93)90583-6)
- Ribic, C.A., Sheavly, S.B., Rugg, D.J., 2011. Trends in Marine Debris in the U.S. Caribbean and the Gulf of Mexico 1996-2003. *Rev. Gestão Costeira Integr.* <https://doi.org/10.5894/rgci181>
- Ribic, C.A., Sheavly, S.B., Rugg, D.J., Erdmann, E.S., 2012. Trends in marine debris along the U.S. Pacific Coast and Hawai'i 1998-2007. *Mar. Pollut. Bull.* <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.02.008>
- Ryan, P.G., Moore, C.J., Van Franeker, J.A., Moloney, C.L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207>
- Sheavly, S.B., Register, K.M., 2007. Marine debris & plastics: Environmental concerns, sources, impacts and solutions. *J. Polym. Environ.* <https://doi.org/10.1007/s10924-007-0074-3>

- Sherman, P., Van Seville, E., 2016. Modeling marine surface microplastic transport to assess optimal removal locations. *Environ. Res. Lett.* <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/1/014006>
- Supriharyono, 2000. Conservation and Natural Resources Management in Tropical Coastal Zon. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Indonesia.
- Swanepoel, D., 1995. An analysis of beach debris accumulation in Table Bay, Cape Town, South Africa. University of Cape Town.
- Uneputty, P., Evans, S.M., 1997. The impact of plastic debris on the biota of tidal flats in Ambon Bay (Eastern Indonesia). *Mar. Environ. Res.* [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(97\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(97)00002-0)
- Uneputty, P.A., Evans, S.M., 1997. Accumulation of beach litter on islands of the Pulau Seribu Archipelago, Indonesia. *Mar. Pollut. Bull.* [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(97\)00006-4](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(97)00006-4)
- Van Cauwenberghe, L., Claessens, M., Vandegehuchte, M.B., Mees, J., Janssen, C.R., 2013. Assessment of marine debris on the Belgian Continental Shelf. *Mar. Pollut. Bull.* <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.05.026>
- Versar, I., 2012. Pilot Marine Debris Monitoring and Assessment Project.
- Walalangi, J.Y., Lelono, T.D., Suryanto, A.M., Damar, A., Effendi, H., Susilo, E., 2020. Composition analysis of organic and inorganic waste and the impacts of coastal city in Palu-Central Sulawesi, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012125>
- Williams, A.T., Tudor, D.T., 2001. Litter burial and exhumation: Spatial and temporal distribution on a cobble pocket beach. *Mar. Pollut. Bull.* [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00058-3)
- Willoughby, N.G., Sangkoyo, H., Lakaseru, B.O., 1997. Beach litter: An increasing and changing problem for Indonesia. *Mar. Pollut. Bull.* [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00141-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00141-5)

BIOGRAFI PENULIS



Koko Ondara

Koko Ondara, Amd.Kom, S.Si, MT lahir pada tanggal 31 Desember 1983 di Kota Medan, Sumatera Utara. Putra pertama dari pasangan Bapak Roy Barry, A.Pi dan Ibu Sujiati ini menjalani masa Taman Kanak-Kanak di TK Cempaka Balai Selasa, Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Pendidikan Sekolah Dasar di selesaikan di SD Negeri yang berada di Kota Medan, SMP Negeri 2 Medan dan SMU Negeri 2 Medan. Peneliti yang juga mencintai musik dan olahraga ini kemudian melanjutkan tingkat kuliah S1 di Jurusan Fisika NK, Universitas Negeri Medan pada 2002 dan secara bersamaan juga mengikuti kuliah Diploma 3 Teknik Komputer di STMIK Budidarma, Medan.

Selama kuliah penulis aktif di berbagai organisasi dan salah satu nya adalah sebagai Ketua Umum *Physics Student Society* Universitas Negeri Medan. Atas dasar ketertarikan penulis terhadap ilmu-ilmu alam serta kekaguman penulis atas potensi kelautan yang ada di Indonesia, pada 2009 melanjutkan tingkat pendidikan Magister Kelautan di Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung. Menikah pada 2013 dengan Frahya Minanti Siregar, M.Si yang saat itu juga bersama-sama menimba ilmu di Institut Teknologi Bandung. Saat ini bekerja sebagai seorang Peneliti Teknik Kelautan di Loka Riset Sumberdaya dan Kerentanan Pesisir (LRSDKP), Badan Riset dan Sumber Daya Manusia, Kementerian Kelautan dan Perikanan di Kota Padang, Sumatera Barat. Bidang keahlian yang ditekuni adalah bidang pesisir dan kelautan khususnya pemodelan kerentanan pesisir dan mitigasi bencana.



AMaFRaD  PRESS

Diterbitkan oleh :
AMAFRAD Press
Badan Riset dan Sumber Daya Manusia
Kelautan dan Perikanan
Gedung Mina Bahari III, Lantai 6,
Jl. Medan Merdeka Timur, Jakarta Pusat
10110
Telp. (021) 3513300 Fax: 3513287
Email : amafradpress@gmail.com
Nomor IKAPI: 501/DKI/2014

ISBN 978-623-7651-61-1 (PDF)



ISBN 978-623-7651-52-9

