

**ANALISIS KELIMPAHAN DAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK AKIBAT
PENGARUH PASANG SURUT DI MUARA PERANCAK DAN PERAIRAN
PENGAMBENGAN, KABUPATEN JEMBRANA, BALI**

SKRIPSI

Oleh :

**PUTU AYU WEDA ASTUTI
NIM. 155080601111031**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS KELIMPAHAN DAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK AKIBAT
PENGARUH PASANG SURUT DI MUARA PERANCAK DAN PERAIRAN
PENGAMBENGAN, KABUPATEN JEMBRANA, BALI**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya
Malang**

Oleh :
PUTU AYU WEDA ASTUTI
NIM. 155080601111031



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

SKRIPSI

ANALISIS KELIMPAHAN DAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK AKIBAT
PENGARUH PASANG SURUT DI MUARA PERANCAK DAN PERAIRAN
PENGAMBENGAN, KABUPATEN JEMBRANA, BALI

Oleh :
PUTU AYU WEDA ASTUTI
NIM. 155080601111031

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 24 April 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 2

(Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc)
NIP. 19781229 200312 2 002
Tanggal: 15 MAY 2019

(Dr. Agung Yunanto, S.Pi, M.Si)
NIP. 19760611 200502 1 001
Tanggal: 15 MAY 2019



Mengetahui :
Ketua Jurusan PSPK

(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT)
NIP. 19780717 200502 1 004
Tanggal: 15 MAY 2019

Judul : ANALISIS KELIMPAHAN DAN POLA DISTRIBUSI
MIKROPLASTIK AKIBAT PENGARUH PASANG
SURUT DI MUARA PERANCAK DAN PERAIRAN
PENGAMBENGAN, KABUPATEN JEMBRANA, BALI

Nama Mahasiswa : Putu Ayu Weda Astuti

NIM : 155080601111031

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING :

Pembimbing 1 : Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc.

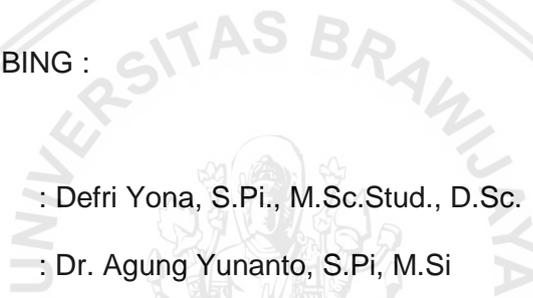
Pembimbing 2 : Dr. Agung Yunanto, S.Pi, M.Si

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING :

Dosen Penguji 1 : Dr. H. Rudianto, MA.

Dosen Penguji 2 : M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc

Tanggal Ujian : 24 April 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Putu Ayu Weda Astuti

NIM : 155080601111031

Program Studi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam pembuatan laporan skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis, atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, April 2019

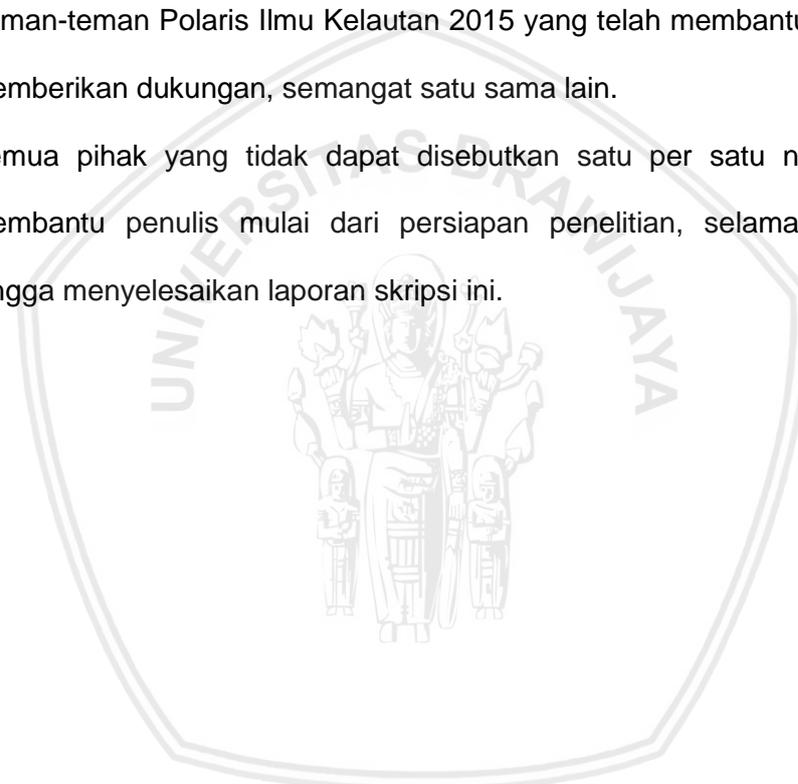
Putu Ayu Weda Astuti
NIM. 155080601111031

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyatakan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan laporan ini yaitu :

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik dan lancar.
2. Keluarga, ayah I Made Weda Wiparta dan ibu Dewa Ayu Putu Sukariani Puja Astuti, kakek dan nenek serta adik yang selalu memberikan doa restu, dukungan dan semangat selama ini.
3. Ibu Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Dr. Agung Yunanto, S.Pi, M.Si selaku pembimbing 2 yang telah membantu memberi masukan, pengarahan, dan bimbingan dari penyusunan proposal maupun laporan skripsi.
4. Bapak Dr. I Nyoman Radiarta, M.Sc, selaku kepala Balai Riset dan Observasi Laut (BROL), Bali yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di instansi tersebut.
5. Ibu Ni Komang Wulan Triningsih, S.S, selaku Humas BROL yang telah membantu penulis dalam mengurus administrasi dan perizinan selama penelitian.
6. Balai Riset dan Observasi Laut (BROL), Bali atas fasilitas, sarana dan prasarana yang diberikan selama penelitian ini berlangsung, serta kepada seluruh peneliti dan seluruh staff terutama kepada Mas Romanu yang sangat membantu dalam pengolahan data, dan pada bagian Laboratorium Kualitas Perairan BROL, Kak Mardatilah (Ila), Kak Ayu, dan Pak Komang yang telah membantu selama penelitian.

7. Pihak – pihak yang telah membantu, dalam persiapan alat dan bahan penelitian Pak Ali, Pak Kadek, Pak Karsa, Aswandeva, Raras, maupun dalam kepengurusan administrasi, Kak Dimas, Gita, Yoan dan Krisma.
8. Teman – teman sekelas di BROL, dari Universitas Trunojoyo, Universitas Gajah Mada, Universitas Udayana, dan SMKN 3 Negare yang sudah memberikan hiburan, semangat, ilmu, dan informasi selama pelaksanaan penelitian.
9. Teman-teman Polaris Ilmu Kelautan 2015 yang telah membantu dan selalu memberikan dukungan, semangat satu sama lain.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah membantu penulis mulai dari persiapan penelitian, selama penelitian, hingga menyelesaikan laporan skripsi ini.



RINGKASAN

Putu Ayu Weda Astuti. Analisis Kelimpahan dan Pola Distribusi Mikroplastik Akibat Pengaruh Pasang Surut di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Kabupaten Jembrana, Bali (dibawah bimbingan **Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc** dan **Dr. Agung Yunanto, S.Pi, M.Si**)

Mikroplastik diartikan sebagai plastik yang berukuran <5 mm, yang merupakan kontaminan baru yang sangat berbahaya bagi ekosistem perairan. Penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir menunjukkan mikroplastik telah menyebar luas hampir di seluruh habitat perairan. Tingginya aktivitas antropogenik sepanjang sungai dan wilayah pesisir diprediksi menjadi jalur distribusi mikroplastik ke perairan, dimana arus pasang surut dipercaya dapat sangat memengaruhi waktu tinggal dan transport dari mikroplastik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan dan distribusi mikroplastik dengan menganalisis pengaruh dari arus pasang surut serta mengidentifikasi sumber-sumber aktivitas antropogenik yang berpotensi menghasilkan mikroplastik.

Penelitian ini dilakukan dari tanggal 21 Januari – 19 Februari 2019. Pengambilan sampel air dilakukan pada waktu pasang purnama dan pasang perbani pada 10 titik stasiun di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan. Analisis mikroplastik dilakukan di Laboratorium Kualitas Perairan, Balai Riset dan Observasi Laut, Bali. Sampel air disaring dengan saringan 300 μm , kemudian material tersaring dikeringkan pada suhu 90°C selama 24 jam/lebih hingga menghasilkan berat tetap/stabil. Sampel kemudian diberi perlakuan kimia dengan larutan H₂O₂ 30% dan Fe (II) 0.05 M untuk menghilangkan bahan organik pada sampel, dan diberi NaCl untuk pemisahan densitas mikroplastik. Selanjutnya sampel disaring kembali dengan saringan 300 μm , dan diidentifikasi menggunakan mikroskop digital. Jenis polimer mikroplastik dianalisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Mikroplastik yang teridentifikasi dihitung nilai kelimpahan per jenis dan dianalisis pola distribusinya. Data sumber mikroplastik dan kondisi cuaca pada lokasi selama waktu penelitian dari hasil observasi lapangan dan wawancara digunakan sebagai data penunjang.

Mikroplastik ditemukan pada sampel air dengan rata-rata kelimpahan mikroplastik sebesar 240.5 partikelm⁻³. Mikroplastik terdistribusi dalam kisaran ukuran dan kelimpahan yang bervariasi antar stasiun baik waktu pasang purnama maupun pasang perbani. Jenis mikroplastik yang mendominasi adalah fiber (64%), diikuti fragmen (20%), dan film (16%). Secara umum distribusi kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang purnama menunjukkan kisaran nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada waktu pasang perbani. Kelimpahan dan pola distribusi mikroplastik diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya karakteristik perairan, keberadaan sumber mikroplastik, ukuran partikel, curah hujan dan arus perairan. Mikroplastik yang ditemukan membuktikan bahwa aktivitas antropogenik disekitar lokasi penelitian (kegiatan penangkapan ikan, pemukiman, industri, pariwisata, usaha tekstil dan pelabuhan (PPN Pengambangan)) merupakan sumber potensial dalam menambah mikroplastik di lokasi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Kelimpahan dan Pola Distribusi Mikroplastik Akibat Pengaruh Pasang Surut di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan, Kabupaten Jembrana, Bali”. Skripsi ini di ajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Di bawah bimbingan:

1. Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc
2. Dr. Agung Yunanto, S.Pi, M.Si

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak lepas dari kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan laporan yang lebih baik kedepannya. Semoga laporan ini bisa menjadi bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Malang, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	4
1.5 Tempat dan Waktu	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	6
2.2 Mikroplastik	7
2.2.1 Sumber-Sumber Mikroplastik.....	8
2.2.2 Jenis – Jenis dan Karakteristik Mikroplastik.....	12
2.2.3 Persebaran Mikroplastik	13
2.3 Metode Karakterisasi dan Identifikasi Mikroplastik.....	15
2.4 Studi Kasus Pencemaran Mikroplastik pada Perairan.....	16
2.5 Pasang Surut.....	17
2.5.1 Dinamika Pasang Surut	18
2.5.2 Jenis Dan Tipe Pasang Surut	21
2.6 Studi Kasus Mikroplastik terkait Pasang Surut.....	23
3. METODOLOGI	25
3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.3.1 Observasi Lapangan dan Wawancara	27
3.3.2 Pengambilan Sampel.....	28
3.3.3 Pengukuran Data Arus	29
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.5 Proses Pemisahan Mikroplastik	30
3.6 Identifikasi Mikroplastik.....	31
3.7 Analisis Data	32
3.7.1 Kelimpahan Mikroplastik.....	32
3.7.2 Pola Distribusi	33
3.7.3 Analisis Statistik.....	33

4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Aktivitas Antropogenik Sumber Mikroplastik	35
4.2 Jenis Mikroplastik	40
4.3 Kelimpahan dan Pola Distribusi Mikroplastik	42
4.3.1 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis.....	48
4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Ukuran	50
4.4 Jenis Polimer Mikroplastik	52
5. PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN	61



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Daftar Alat Penelitian Beserta Fungsinya.....	26
2. Daftar Bahan Penelitian Beserta Fungsinya.....	26
3. Kategori jenis mikroplastik menurut Hidalgo-Ruz <i>et al.</i> (2012)	32
4. Perbandingan nilai kelimpahan pada penelitian ini dengan penelitian lain	42
5. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian	44
6. Rata-rata kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran.....	50
7. Polimer Hasil FTIR.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis Mikroplastik a) Film, b) Beads, c) Lines, d) Fragmen, e) Fiber, f) Film bening, g) bola polystyrene, dan h) pelet.....	13
2. Proses Distribusi Mikroplastik pada Perairan Laut	15
3. Sistem Matahari-Bumi-Bulan	20
4. Variasi pasang surut karena perubahan kedudukan bulan dan matahari saat spring tide dan neap tide	21
5. Grafik masing-masing tipe pasang surut dalam 1 hari	23
6. Grafik masing-masing tipe pasang surut dalam 30 hari	23
7. Peta Lokasi Penelitian di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan.....	7
8. Grafik Prediksi Pasang Surut di Perairan Pengambangan	29
9. Alur penelitian, dimulai dari studi literatur, pengambilan data, pengolahan data, analisis hingga mendapatkan hasil sesuai tujuan	30
10. Pemukiman di pesisir Perairan Pengambangan.....	26
11. Sampah yang terlihat pada lokasi penelitian	36
12. Aktivitas di Perikanan Nusantara (PPN) Pengambangan	36
13. Aktivitas penangkapan ikan pada lokasi penelitian	37
14. Beberapa industri perikanan pada lokasi penelitian	38
15. Beberapa objek wisata pesisir pada lokasi penelitian.....	38
16. Salah satu resort pada lokasi penelitian.....	39
17. Salah satu usaha konveksi dan laundry pada lokasi penelitian	39
18. Mikroplastik yang ditemukan pada sampel air di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, (a) fiber, (b) fragmen, (c) film	40
19. Peta distribusi kelimpahan mikroplastik (partikel. m ⁻³) pada waktu pasang purnama dan pasang perbani.....	45
20. Pola pergerakan arus hasil observasi lapang di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan pada waktu pasang purnama (kondisi pasang) ...	47
21. Pola pergerakan arus hasil observasi lapang di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan pada waktu pasang perbani (kondisi surut).....	47
22. Grafik kelimpahan jenis mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian pada waktu pasang purnama.....	48



23. Grafik kelimpahan jenis mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian pada waktu pasang perbani 48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian	61
2. Mikroplastik yang teridentifikasi dari mikroskop.....	62
3. Hasil Uji FT-IR	63
4. Hasil Uji Statistik	65
5. Dokumentasi Kegiatan.....	66



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polusi plastik merupakan salah satu permasalahan kompleks yang menjadi perhatian dunia saat ini. Meningkatnya penggunaan plastik disertai dengan rendahnya tingkat kemampuan degradasi menyebabkan plastik terakumulasi pada habitat alami yang diperkirakan dapat mencapai puluhan hingga ratusan tahun (Barnes *et al.* 2009). Plastik bahkan berkontribusi hingga 95% dari total sampah secara keseluruhan yang ditemukan di garis pantai, permukaan laut dan dasar laut (Galgani *et al.*, 2015). Meskipun polimer sintesis penyusun bahan plastik memiliki kemampuan ketahanan yang tinggi, pada akhirnya plastik tersebut akan mengalami kerusakan mekanis terutama disebabkan oleh gelombang dan proses fotokimia yang dipicu oleh sinar UV-B, dan mengalami proses fragmentasi menjadi mikroplastik (Andrady, 2011).

Mikroplastik merupakan partikel plastik yang memiliki diameter berukuran 0.3 - 5 mm, yang sangat bervariasi dalam hal ukuran, bentuk, warna, komposisi, massa jenis, dan sifat-sifat lainnya. Berdasarkan sumbernya, mikroplastik berasal dari sumber primer dan sumber sekunder. Sumber primer berasal dari butiran plastik murni yang terkandung dalam produk-produk rumah tangga seperti produk pembersih dan kosmetik. Sementara, sumber sekunder adalah mikroplastik yang dihasilkan akibat fragmentasi plastik yang lebih besar oleh proses fisik, kimia dan biologi (Auta *et al.*, 2017; Victoria, 2017). Mikroplastik berpotensi menimbulkan ancaman besar bagi ekosistem laut, yakni dapat mengkontaminasi air, sedimen dan biota. Ukuran yang begitu kecil menyebabkan mikroplastik akan dengan mudahnya termakan oleh plankton sebagai organisme trofik dasar dan pada akhirnya akan terakumulasi paling tinggi pada organisme

tingkat trofik tertinggi atau predator yang akan menjadi makanan dikonsumsi oleh manusia. Bahan kimia yang terbawa oleh mikroplastik sebagai mediana dapat menyebabkan gangguan pada organ, sistem hormon, hingga kanker dan mutasi gen (Browne *et al.*, 2011).

Penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir menunjukkan mikroplastik telah menyebar luas hampir di seluruh habitat perairan. Mikroplastik yang ditemukan sebagian besar dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik (budidaya, industri, dan pusat kota) dengan jenis polimer yang paling banyak ditemukan yaitu *polyethylene* dan *polypropylene* (Jambeck *et al.*, 2015; Vinello *et al.*, 2013). Mikroplastik ini memiliki potensi tinggi untuk memasuki lingkungan laut melalui sungai dan sistem air limbah, atau dengan pembuangan langsung ke lepas pantai (Thompson, 2006). Arus pasang surut adalah salah satu faktor yang dapat memengaruhi kelimpahan dan distribusi dari mikroplastik. Seperti yang dilaporkan Wessel *et al.* (2016), bahwa lokasi yang terkena pengaruh pasang surut memiliki kelimpahan dan keragaman mikroplastik yang lebih tinggi. Partikel mikroplastik dapat terdorong keluar muara / ke pesisir saat surut dan masuk kembali ke muara saat pasang. Fenomena ini kemungkinan besar terjadi di dekat mulut muara dimana pola sirkulasi yang kompleks dapat terjadi (Sadri dan Thompson (2014).

Kabupaten Jembrana adalah salah satu wilayah Provinsi Bali dengan aktivitas antropogenik yang tinggi di wilayah pesisirnya, khususnya di Desa Pengambangan dan Perancak. Kedua desa ini memiliki beberapa sungai dan muara besar yang menjadi bagian dari sistem sirkulasi massa air yang terjadi di Selat Bali, yaitu perairan dengan potensi perikanan yang tinggi dan menjadi pusat *fishing base* Kabupaten Jembrana dan wilayah sekitarnya (Sartimbul *et al.*, 2010). Selat Bali merupakan perairan semi tertutup, dimana dalam proses sirkulasi massa airnya sangat dominan dipengaruhi oleh arus pasang surut.

Bahan pencemar yang masuk dari sungai tercampur dengan baik di semua lapisan kedalaman akibat arus pasang surut (Mustiawan *et al.*, 2014). Dengan demikian, arus pasang surut berpotensi mempengaruhi penyebaran bahan pencemar khususnya mikroplastik ke perairan, dengan berkembangnya berbagai kegiatan antropogenik di sepanjang aliran sungai dan pesisir. Bila hal tersebut terjadi, maka dapat berpengaruh terhadap rantai makanan, perekonomian dan kesehatan masyarakat di daerah tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelimpahan dan pola distribusi mikroplastik pada Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, dengan menganalisis pengaruh dari pasang surut di wilayah perairan tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat disusun rumusan masalah pada penelitian ini antara lain: mengidentifikasi sumber-sumber aktivitas antropogenik yang berpotensi menghasilkan mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali, mengetahui kelimpahan, jenis, dan pola distribusi mikroplastik pada air di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali, serta membandingkan kelimpahan dan pola distribusi mikroplastik pada waktu pasang purnama dan pasang perbani.

1.3 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi sumber-sumber aktivitas antropogenik yang berpotensi menghasilkan mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali.
2. Mengetahui kelimpahan dan jenis mikroplastik pada air di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali.

3. Menganalisis pola distribusi mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali.
4. Membandingkan kelimpahan dan pola distribusi mikroplastik pada waktu pasang purnama dan pasang perbani.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi pihak-pihak terkait seperti pemerintah terkait, masyarakat, akademisi, maupun peneliti yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah terkait
Memberikan informasi mengenai tingkat pencemaran dan pola penyebaran mikroplastik di perairan laut khususnya di sekitar Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, Jembrana, Bali sehingga dapat digunakan untuk mengelola masalah lingkungan dari mikroplastik dan menyusun langkah-langkah mitigasi dalam rencana pengelolaan perikanan dan kelautan berkaitan dengan sumber-sumber mikroplastik.
2. Bagi masyarakat
Masyarakat diharapkan menyadari akan pentingnya menjaga lingkungan dengan tidak membuang sampah dan limbah sembarangan ke laut, karena dapat merusak lingkungan laut dan merugikan masyarakat.
3. Bagi akademisi
Menjadi referensi bagi penulisan dari penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan analisis lingkungan terutama analisis mengenai analisis mikroplastik

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini terdiri dari kegiatan pengambilan sampel dan pengujian laboratorium. Pengambilan sampel dilaksanakan sebanyak dua kali yaitu pada tanggal 23 Januari dan 30 Januari 2019 di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan, Kabupaten Jembrana, Bali. Penelitian laboratorium dilaksanakan pada tanggal 24 Januari – 15 Februari 2019 di Laboratorium Kualitas Perairan, Balai Riset dan Observasi Laut, Perancak, Jembrana, Bali.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Jembrana adalah salah satu wilayah Provinsi Bali dengan aktivitas antropogenik yang tinggi di wilayah pesisirnya, khususnya di Desa Pengambengan dan Perancak. Kedua desa ini memiliki beberapa sungai dan muara besar yang mengalir langsung ke Perairan Selat Bali. Selat Bali merupakan daerah penangkapan ikan yang potensial, dengan jenis sumberdaya ikan utama yang memiliki nilai ekonomis tinggi, terdiri dari spesies lemuru, layang, kembung, tongkol, dan ikan lainnya. Hal ini menyebabkan Perairan Selat Bali menjadi lokasi utama kegiatan penangkapan ikan untuk Kabupaten Banyuwangi, Jawa Tengah khususnya daerah Muncar dan Kabupaten Jembrana, Bali khususnya daerah Pengambengan serta berfungsi sebagai pusat *fishing base* kegiatan penangkapan ikan pelagis Kabupaten Jembrana. Tempat pendaratan ikan hasil tangkapan berlokasi di PPN Pengambengan (Ridha *et al.*, 2013). Berbagai kegiatan antropogenik terus berkembang disepanjang aliran sungai dan muara Desa ini seperti pemukiman, pertambakan, pertanian, industri, penangkapan ikan dan bongkar muat kapal di pelabuhan.

Desa Pengambengan dan Desa Perancak adalah desa pesisir dari Kabupaten Jembrana yang memiliki beberapa sungai dan muara besar yang menjadi bagian dari sistem sirkulasi massa air yang terjadi di Selat Bali, sebagai sistem kesetimbangan arus diantara Samudra Hindia dan Laut Jawa. Sirkulasi massa air di perairan Selat Bali memperlihatkan bahwa massa air permukaan masuk ke Selat Bali dari arah selatan-tenggara menuju ke utara-barat laut keluar di Laut Bali. Selat Bali merupakan perairan semi tertutup, dimana proses sirkulasi

massa air di perairan pantainya sangat dominan dipengaruhi oleh arus pasang surut. Arus pasang surut mentransportkan massa air dari laut menuju pantai pada saat pasang, dan akan mentransportkan massa air dari perairan pantai ke laut lepas pada saat surut. Adanya gerakan air akibat proses pasang surut ini selanjutnya akan bersama-sama dengan arus menjadi media berpindah dan bercampurnya bahan-bahan yang terlarut di dalam badan air, khususnya transportasi bahan pencemar yang masuk dari sungai (Koropitan, 2005; Mustiawan *et al.*, 2014). Secara oseanografi Perairan Selat Bali juga dipengaruhi oleh siklus musiman yaitu musim timur (*southeast monsoon*) yang terjadi pada bulan Juni – September dan musim barat (*northwest monsoon*) yang terjadi pada bulan Desember-Maret (Sartimbul *et al.*, 2010). Pada saat musim hujan (musim barat), arus di Selat Bali bergerak dari barat menuju timur dengan membawa massa air dan beban ratusan ton sampah yang menyertainya. Sampah yang didominasi sampah plastik ini sebagian akan didamparkan di bibir pantai di sepanjang pesisir Selat Bali dan sebagian lainnya bergerak mengikuti arus (BPOL, 2018).

2.2 Mikroplastik

Sampah plastik yang memasuki perairan laut akan menyebar secara luas baik yang berukuran makroskopik maupun mikroskopik. Kombinasi beberapa faktor lingkungan (seperti sinar matahari dan suhu), dan sifat polimer (ukuran, densitas) mempengaruhi pemecahan plastik berukuran yang berukuran makro menjadi puing-puing berukuran mikro (Auta *et al.*, 2017). Plastik berukuran mikroskopik tersebut disebut dengan mikroplastik. Menurut Victoria (2017), Mikroplastik merupakan partikel plastik yang diameternya berukuran kurang dari 5 mm. Batas bawah ukuran mikroplastik belum didefinisikan, ukuran mikroplastik dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu ukuran besar dengan range antara 1-5 mm

dan ukuran kecil <1 mm. Mikroplastik digolongkan menjadi beberapa kelompok dengan bermacam-macam ukuran, bentuk, warna, komposisi kimia, massa jenis, dan sifat lainnya.

Mikroplastik merupakan salah satu jenis dari sampah lautan yang apabila memasuki dan menumpuk di wilayah perairan akan menyebabkan rantai makanan pada ikan terganggu. Mikroplastik berpotensi mengancam rantai makanan lebih serius dibandingkan dengan plastik yang berukuran besar terhadap organisme yang berada pada tropik yang lebih rendah seperti plankton. Organisme tingkat rendah yang mengkonsumsi mikroplastik akan mempengaruhi organisme tingkat tinggi yang memakannya melalui proses bioakumulasi. Adakalanya organisme tingkat tinggi juga dapat langsung memakan mikroplastik yang menyerupai makanan (Dewi *et al.*, 2015). Menurut Qiu *et al.* (2016), terdapat tiga sampel yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan mikroplastik di laut, yaitu sampel sedimen, air laut dan organisme laut.

2.2.1 Sumber-Sumber Mikroplastik

Mikroplastik berasal dari sumber yang berbeda-beda. Berdasarkan sumbernya, mikroplastik dapat dibedakan menjadi dua yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer merupakan butiran murni plastik yang diproduksi dengan ukuran <5 mm, seperti plastik dalam produk-produk pembersih dan kecantikan, dan bubuk resin. Mikroplastik primer kemudian masuk ke dalam perairan laut melalui limbah pembuangan yang bermuara di laut, umumnya mencakup *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polysterene*. Sedangkan mikroplastik sekunder merupakan mikroplastik meliputi serat atau potongan yang berasal dari hasil pemutusan rantai dari plastik berukuran makro oleh proses fisik, kimia maupun biologi seperti degradasi biotik, radiasi ultraviolet, atau abrasi sehingga partikel mikroplastik sekunder memiliki bentuk dan ukuran

yang tidak beraturan. Sumber sekunder dapat berasal dari bahan baku industri, jala ikan, alat rumah tangga, serat sintetis pakaian, kantong plastik atau hasil pelapukan produk plastik mencakup poliester, akrilik, dan poliamida. Sumber sekunder ini memiliki waktu tinggal yang relatif lebih lama di wilayah perairan (Victoria, 2017).

Mikroplastik tipe fiber berasal dari fragmentasi monofilamen jaring ikan, tali maupun serat kain sintetis. Mikroplastik tipe film berasal dari fragmentasi plastik yang berdensitas rendah dan memiliki densitas paling rendah dibandingkan dengan tipe lainnya. Sementara tipe monofilamen merupakan bentuk mikroplastik yang berasal dari jaring atau alat pancing yang belum terdegradasi seluruhnya menjadi bentuk fiber (Dewi *et al.*, 2015). Salah satu contoh polimer mikroplastik yang ditemukan pada air yaitu jenis *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PET) dan *high density polyethylene* (HDPE), yang dominan bersumber dari botol air minum kemasan dan bahan pengemas (*packaging*) (Qiu *et al.*, 2015). Adapun beberapa kegiatan antropogenik yang dapat menghasilkan mikroplastik antara lain sebagai berikut.

1. Penangkapan ikan dan industri kelautan (misalnya budidaya)

Mikroplastik dapat dihasilkan dari proses fragmentasi umpan ikan dan alat tangkap ikan, seperti monofilamen plastik dan jaring nilon yang digunakan pada kegiatan penangkapan ikan dan budidaya. Alat tangkap adalah salah satu sumber mikroplastik yang paling banyak dicatat dari sumber laut, termasuk alat tangkap yang dibuang atau hilang (*ghost fishing*) (Andrady, 2011; Cole *et al.*, 2009).

2. Pariwisata

Wisata pesisir dan rekreasi adalah semua sumber plastik yang dapat langsung masuk ke lingkungan laut, yang berisiko terhadap biota baik sebagai plastik makro, maupun sebagai mikroplastik

sekunder setelah mengalami degradasi jangka panjang. Kegiatan pariwisata dan rekreasi bertanggung jawab atas sederet plastik yang dibuang di sepanjang pantai dan resort pantai (Derraik, 2002), meskipun perlu dicatat bahwa puing-puing laut yang diamati di pantai juga akan muncul dari bahan-bahan material yang dibawa di pantai dan arus laut (Thompson, 2006).

3. Aktivitas perkapalan

Secara historis, kapal laut telah menjadi kontributor signifikan terhadap sampah laut, dengan perkiraan menunjukkan bahwa selama tahun 1970-an armada perikanan komersial global membuang lebih dari 23.000 ton bahan kemasan plastik, dan sekitar 6,5 juta ton plastik ke lautan pada awal 1990-an. Selain itu, proses pemecahan akrilik, melamin atau polyester *scrubber* plastik yang digunakan untuk menghapus karat dan cat di mesin, dan lambung kapal juga turut menyumbang mikroplastik, akibat penggunaan berulang kali sampai ukurannya berkurang dan daya potongnya hilang (Cole *et al.*, 2011).

4. Aktivitas rumah tangga / domestik

Sampah plastik dengan sumber terestrial berkontribusi ~80% dari plastik yang ditemukan di sampah laut (Andrady, 2011). Mikroplastik yang berasal dari sumber aktivitas rumah tangga dapat berasal dari hasil fragmentasi produk – produk plastik berukuran besar maupun butiran plastik murni yang terkandung dalam produk perawatan pribadi, seperti produk pembersih meliputi pembersih wajah, pasta gigi, seperti shower / *bath gel*, *scrub*, *peelings*, dan kosmetik meliputi *eye shadow*, deodoran, *blush on powder*, *make up foundation*, maskara, krim cukur, produk bayi, *lotion* mandi busa, pewarnaan rambut, cat kuku, penolak serangga dan tabir surya. Beberapa

penelitian melaporkan bahwa ditemukan polimer mikroplastik seperti keberadaan polietilen dan polipropilen (<5 mm) dan polistiren (<2 mm) dalam produk kosmetik dan pembersih, serta diperkirakan sekitar 5.000 g mikroplastik terkandung dalam aliran limbah setiap tahun karena penggunaan produk-produk rumah tangga ini (Auta *et al.*, 2017).

5. Pencucian Tekstil

Sumber mikroplastik dari pencucian tekstil / pakaian dapat dihasilkan dari kegiatan pencucian domestik, usaha laundry maupun industri tekstil / garmen. Mikroplastik yang dihasilkan dapat berasal dari serat pakaian / tekstil itu sendiri, maupun pengaruh perlakuan selama proses pencucian. Penelitian dari Browne *et al.* (2011) menunjukkan bahwa air limbah akibat kegiatan mencuci pakaian menunjukkan proporsi serat mikroplastik yang besar di lingkungan laut, dimana sampel air limbah dari mesin cuci domestik salah satu garmen dapat menghasilkan >1900 serat per pencucian. Evaluasi forensik mikroplastik dari sedimen menunjukkan bahwa proporsi poliester dan serat akrilik yang digunakan dalam pakaian menyerupai yang ditemukan di habitat yang menerima pembuangan limbah.

6. Pabrik plastik

Sumber lain yang terkenal dari puing-puing plastik berasal dari pembuatan produk plastik yang menggunakan butiran dan pelet resin kecil, yang dikenal sebagai 'nibs', sebagai bahan bakunya. Melalui tumpahan yang tidak disengaja selama transportasi, baik di darat maupun di laut, penggunaan yang tidak tepat sebagai bahan pengemasan dan aliran keluar langsung dari pabrik pengolahan, bahan mentah ini dapat memasuki ekosistem perairan. Penelitian di

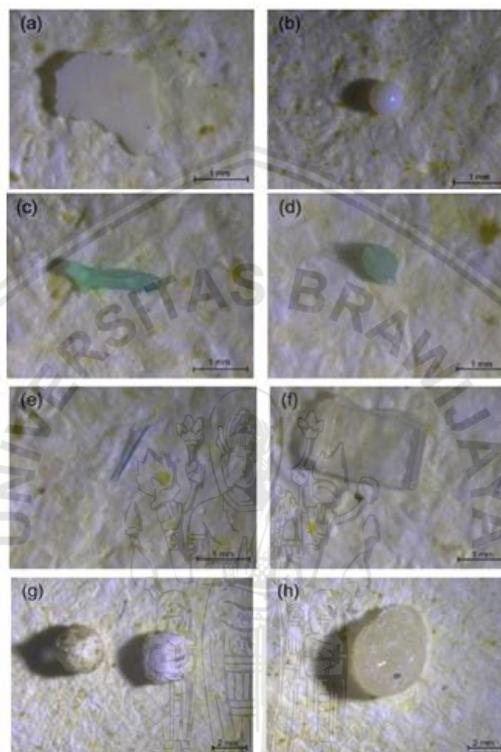
Swedia menemukan mikroplastik 102.000 partikel m^{-3} pada perairan yang berdekatan dengan fasilitas produksi plastik (Cole *et al.*, 2009).

2.2.2 Jenis – Jenis dan Karakteristik Mikroplastik

Jenis atau tipe mikroplastik pada umumnya dapat dibedakan menjadi empat meliputi tipe fragmen, film, fiber dan pelet. Fragmen merupakan tipe mikroplastik yang berasal dari hasil potongan produk plastik dengan polimer sintesis yang sangat kuat. Film adalah jenis mikroplastik yang memiliki densitas lebih rendah dari fiber sehingga mudah terdistribusi atau ditransportasikan, dimana mikroplastik tipe fiber berasal dari adanya aktivitas penangkapan. Pelet merupakan mikroplastik primer yang langsung diproduksi oleh pabrik sebagai bahan baku pembuatan produk plastik (Dewi *et al.*, 2017). Tipe mikroplastik yang teridentifikasi pada tiap sampel di daerah tertentu akan berbeda karena sumber dan proses degradasinya yang berbeda pula. Dampak yang ditimbulkan partikel mikroplastik berkaitan dengan bentuk dari partikel tersebut, karena karakteristik fisik partikel plastik meliputi bentuk dan muatan partikel mempengaruhi proses pencernaan dan translokasi pada tubuh organisme (Browne *et al.*, 2011).

Jenis – jenis mikroplastik yang ditemukan juga dapat dibedakan berdasarkan bentuknya yakni *lines, fragment, fiber, film, pellet, spehere*, dan *beads* (Gambar 1) (Zhang *et al.*, 2017). Selain berdasarkan bentuknya, mikroplastik juga dapat dikelompokkan berdasarkan warna. Tipe fiber ditemukan berwarna merah, bening (tak berwarna) dan hitam, tipe film tidak berwarna atau bening, sedangkan tipe fragmen dan monofilamen berwarna kecoklatan atau hitam. Pengelompokan mikroplastik berdasarkan warnanya karena warna digunakan sebagai indeks dari photodegradasi polimer mikroplastik yang mengalami proses diskolorisasi, akibat telah lama terkena paparan air laut. Akan tetapi, pengelompokan berdasarkan warna dapat menimbulkan bias, karena

partikel non plastik dengan warna dan kenampakan seperti plastik dapat teridentifikasi sebagai mikroplastik. Contohnya partikel mikroplastik yang transparan atau tak berwarna karena penggunaan larutan alkali pada saat analisis yang menyebabkan kerusakan fisik dan diskolorisasi pada partikel mikroplastik (Song *et al.*, 2015; Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012).



Gambar 1. Jenis-jenis Mikroplastik a) Film, b) Beads, c) Lines, d) Fragmen, e) Fiber, f) Film bening, g) bola polystyrene, dan h) pelet (Zhang *et al.*, 2017)

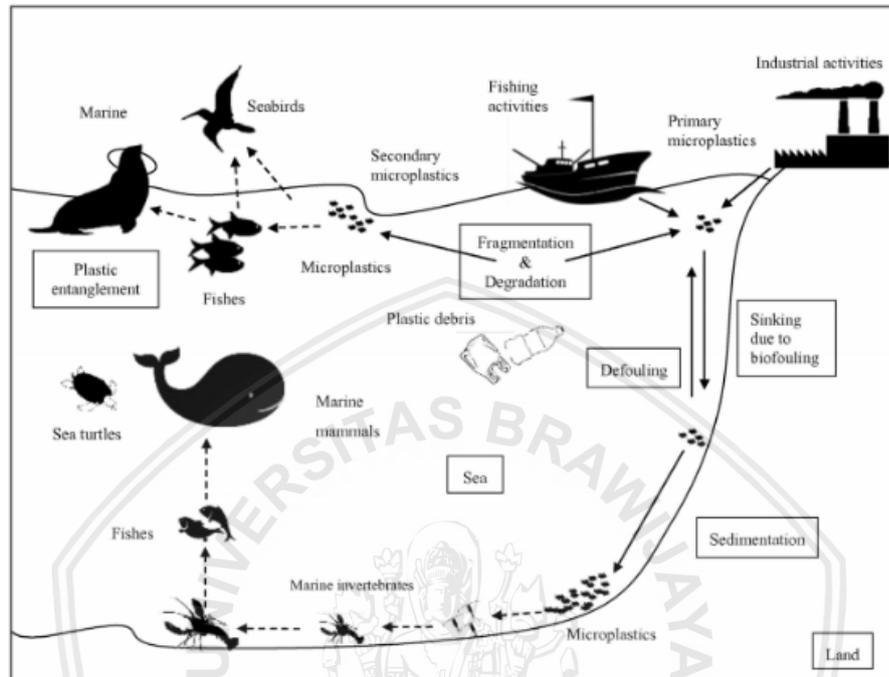
2.2.3 Persebaran Mikroplastik

Proses distribusi mikroplastik (Gambar 2) di wilayah laut umumnya disebabkan adanya dorongan eksternal yang menyebabkan pergerakan mikroplastik. Pendekatan kuantitatif dan pemodelan menunjukkan peran dorongan fisik berskala besar seperti angin mendorong arus permukaan dan sirkulasi geostropik yang mempengaruhi transportasi dan pemencaran partikel dalam rentang skala spasial. Sedangkan angin dalam skala yang lebih kecil menyebabkan turbulensi yang mempengaruhi posisi vertikal dari partikel,

sedangkan aliran turbulen dari gelombang atau ombak dapat mengakibatkan resuspensi dari partikel benthik. Selain itu, faktor hidrologi lainnya seperti arus upwelling, dan pasang surut juga turut mempengaruhi proses distribusi mikroplastik. Dorongan eksternal yang berinteraksi dengan sifat-sifat partikel itu sendiri seperti densitas, bentuk, dan ukuran, serta kondisi lingkungan seperti densitas air laut, topografi dasar laut, dan tekanan berpengaruh terhadap pemecaran mikroplastik. Densitas mikroplastik seringkali muncul sebagai faktor yang mempengaruhi transportasi dan pemecaran partikel. Mikroplastik yang memiliki densitas yang lebih rendah daripada air laut umumnya akan mengapung di permukaan air dan lingkungan neustonik, sedangkan mikroplastik yang mempunyai densitas yang lebih tinggi akan ditemukan di kedalaman benthik maupun tenggelam bersama sedimen. Sehingga dapat diindikasikan bahwa proses distribusi mikroplastik dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu secara fisik seperti densitas mikroplastik, secara biologis seperti adanya *biofouling* menjadi *marine snow*, dan faktor hidrologi seperti turbulensi, arus *upwelling*, pasang surut (Peng *et al.*, 2017; Victoria, 2017). Dispersi dan akumulasi mikroplastik dipengaruhi oleh hidrodinamika lokal dalam hubungannya dengan berbagai sumber mikroplastik tersebut. Estimasi kuantitatif menunjukkan bahwa mikroplastik cenderung menumpuk di daerah dengan dinamika yang rendah (Vianello *et al.*, 2013).

Air limbah yang mengandung partikel mikroplastik mengalir melalui saluran air ke perairan laut. Curah hujan mempengaruhi jalannya mikroplastik menuju perairan lepas. Ketika curah hujan tinggi, mikroplastik yang menempel pada tepi sungai atau muara akan kembali terbawa dan akan mengalir sepanjang aliran sungai menuju laut. Mikroplastik tersebut akan mengkontaminasi air laut dan lama kelamaan akan terus terakumulasi pada perairan laut. Sebagian partikel mikroplastik akan terbawa arus menuju perairan laut, dan sebagian lagi akan tenggelam dan mengendap bersama sedimen. Mikroplastik dapat tertelan

oleh organisme yang menganggapnya sebagai makanan, yang kemudian akan tersebar pada organisme laut melalui proses rantai makanan dan bioakumulasi (Besseling *et al.*, 2017; Crawford dan Quinn, 2017).



Gambar 2. Proses Distribusi Mikroplastik pada Perairan Laut (Li *et al.*, 2016)

2.3 Metode Karakterisasi dan Identifikasi Mikroplastik

Teknik sampling mikroplastik dalam investigasi kelautan, umumnya terbagi menjadi metode pengumpulan, identifikasi, dan enumerasi, termasuk sampling selektif dan pengurangan volume. Sampling selektif digunakan untuk permukaan sedimen sementara pengurangan volume digunakan untuk sampling sedimen atau air. Mikroplastik dipisahkan dari sampel dengan pemisahan densitas, filtrasi, pengayakan, dan/atau pengurutan secara visual. Metode pemisahan densitas dengan NaCl dapat dikatakan paling sesuai karena cukup sederhana, cepat, murah, dan tidak menggunakan bahan kimia berbahaya walaupun memiliki efisiensi ekstraksi yang rendah. Karakterisasi partikel mikroplastik menggunakan deskripsi morfologi, sumber, jenis, warna, bentuk, komposisi kimia, dan tahap degradasi partikel. Metode untuk mengungkap

komposisi kimia terpercaya yang telah ditemukan ialah menggunakan spektroskopi infrared (Victoria, 2017).

Identifikasi mikroplastik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu secara fisika dan kimia. Identifikasi fisika yaitu identifikasi secara visual menggunakan metode mikroskopi dengan alat bantu mikroskop, berdasarkan karakteristik dari mikroplastik seperti bentuk, warna, dan ukuran. Sementara identifikasi kimia diperlukan metode spektroskopi menggunakan μ -FTIR (*micro-Fourier Transform Infrared*) Spektroskopi untuk mengetahui jenis polimer yang terkandung dalam mikroplastik (Song *et al.*, 2015). Metode spektroskopi menggunakan μ -FTIR merupakan teknik yang banyak digunakan dalam melakukan identifikasi jenis polimer mikroplastik, dikarenakan metode ini relatif mudah digunakan, dan sangat akurat dalam identifikasi jenis plastik dengan menghasilkan spektrum infra merah (IR) yang menyinari sampel dengan panjang gelombang tertentu. Molekul sampel menyerap gelombang yang dipancarkan, dan ditransmisikan. Jumlah energi yang diserap oleh molekul pada setiap panjang gelombang, memberikan informasi tentang molekul yang ada pada sampel (Crawford dan Quinn, 2017).

2.4 Studi Kasus Pencemaran Mikroplastik pada Perairan

Penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir menunjukkan mikroplastik telah menyebar luas hampir di seluruh habitat perairan, dan sebanyak lebih dari 5% plastik dari hasil produksi setiap tahun akan berakhir di perairan laut. Sumber berbasis darat membentuk 80% dari puing-puing plastik di lingkungan laut, sedangkan sisanya sebagian besar terdiri dari budidaya air dan peralatan penangkapan ikan. Studi yang terkait dengan limbah yang dikelola secara salah dari sumber berbasis daratan, menyatakan bahwa pada tahun 2010, 192 negara pesisir bertanggung jawab atas nilai antara 4,8 dan 12,7 juta

ton puing-puing plastik yang masuk lautan (Andrady, 2011; Jambeck *et al.*, 2015). Mikroplastik yang ditemukan sebagian besar dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik (budidaya, industri, dan pusat kota) dengan jenis polimer yang paling banyak ditemukan yaitu *polyethylene* dan *polypropylene* (Vinello *et al.*, 2013).

Ketika mencapai lingkungan laut, distribusi plastik heterogen, karena berbagai alasan, termasuk angin dan arus lokal, geografi pesisir dan titik masuk dalam sistem, seperti daerah perkotaan dan rute komersial (UNEP, 2016). Puing-puing plastik atau mikroplastik memiliki karakteristik juga yang memengaruhi posisinya di kolom air, meskipun interaksi mereka dengan sistem alami dapat mengubah karakteristik asli dari mikroplastik tersebut (Thompson *et al.*, 2009). Seperti kasus tipe mikroplastik apung seperti polietilen dan polipropilen yang memiliki densitas lebih kecil dari pada air laut, ketika diganggu oleh organisme laut, mereka dapat berubah dari karakteristik asli mereka dan tenggelam, mencapai kolom air dan dasar laut (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Dengan cara ini, menurut laporan UNEP (2005), 70% dari sampah laut akan tetap berada di dasar laut, sedangkan sisanya akan dibagi antara yang ditemukan di pantai (15%) dan mengapung di air (15%). Perkiraan terbaru menyatakan ada sekitar 5 triliun partikel atau 250.000 ton puing-puing plastik yang mengambang, di perairan subtropis, lautan tertutup dan daerah dekat dengan populasi padat penduduk sebagai hotspot (Eriksen *et al.*, 2014).

2.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya air laut secara periodik akibat pengaruh dari kombinasi gaya gravitasi dari benda-benda astronomis terutama matahari dan bulan serta gaya sentrifugal bumi. Puncak elevasi disebut pasang tinggi dan lembah elevasi disebut pasang rendah. Periode pasang surut

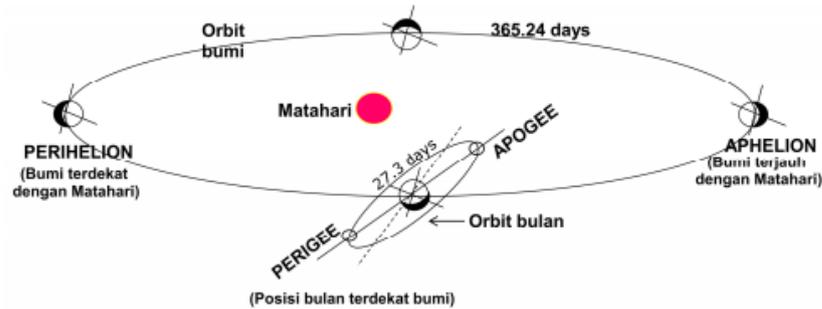
(*Tidal Range*) adalah waktu antara puncak gelombang ke puncak berikutnya atau lembah gelombang ke lembah berikutnya. Dalam siklus bulanan, terjadi 2 kali pasang tinggi yang tertinggi dan pasang rendah yang terendah yaitu saat konjungsi dan oposisi (Gribbin, 2005). Dalam memprediksi pasang surut di suatu lokasi, data pasang surut lapangan biasanya diolah berdasarkan perhitungan analisa harmonik, umumnya menggunakan metode Admiralty. Penggunaan metode admiralty biasanya diterapkan pada panjang data 15-29 pintaan dengan interval waktu pengamatan 1 jam. Data pasang surut yang didapat berdasarkan metode Admiralty meliputi nilai Amplitudo (A) dan fase (ϕ) setiap komponen pasang surut (S₀, M₂, S₂, N₂, K₁, O₁, M₄, MS₄, K₂, P₁). Tipe pasang surut ditentukan menggunakan persamaan Formzahl, dan hasilnya kemudian dicocokkan dengan klasifikasi pasang surut (Anugrah, 2009).

2.5.1 Dinamika Pasang Surut

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Gaya tarik gravitasi bervariasi dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Matahari yang memiliki massa yang lebih besar dari massa bulan tetapi jarak antara matahari dengan bumi lebih jauh dibandingkan jarak antara bumi dengan bulan. Oleh karena itu, gaya tarik gravitasi bulan lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari. Sementara efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Resultan dari kedua gaya ini akan menghasilkan gaya pembangkit pasut, sehingga akan terciptanya pasang surut di laut (Triatmodjo, 1999).

Sistem matahari, bumi dan bulan (Gambar 3), menciptakan gaya gravitasi yang menarik air laut ke arah bulan dan matahari sehingga menghasilkan beberapa tonjolan (*bulge*) pasang surut gravitasional di laut. Dimana lintang dari

tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari (Triatmodjo, 1999). Salah satu bagian tonjolan terdapat pada permukaan bumi yang terletak paling dekat dengan bulan dan tonjolan yang lain terdapat pada bagian bumi yang letaknya paling jauh dari bulan. Hal ini karena gaya gravitasi bulan yang bekerja pada sisi yang terdekat dengan bulan lebih besar dibanding dengan gaya sentrifugal bumi, sehingga badan air tertarik menjauhi bumi ke arah bulan. Sementara, pada sisi yang terjauh dengan bulan, gaya sentrifugal bumi lebih dominan dibanding gaya gravitasi bulan, sehingga badan air tertarik menjauhi bumi pada arah menjauhi bulan. Dua tonjolan massa air ini merupakan daerah-daerah yang saat itu mengalami pasang tinggi, dan dengan adanya pengaruh dari rotasi bumi, maka pasang tinggi yang terjadi pun akan bergerak bergantian secara perlahan-lahan dari satu tempat ke tempat lain di permukaan bumi. Bulan sebagai objek utama penyebab terjadinya pasang surut air laut, selain mengelilingi bumi juga mengelilingi matahari bersama bumi. Oleh karena orbit matahari dan bulan yang berbentuk oval, maka sistem jarak bumi-bulan-matahari selalu berubah-ubah. Di samping itu, matahari bersama bulan sama-sama menarik air laut yang menjadikannya pasang. Apabila bulan dan matahari berada pada satu garis langit, tarikannya menjadi lebih kuat. Tetapi kerap kali bulan dan matahari itu menarik dari arah yang berbeda-beda, dengan demikian maka kadang-kadang pasang itu sangat tinggi dan pada waktu lainnya sangat rendah (Pariwono, 1989).



Gambar 3. Sistem Matahari-Bumi-Bulan (Saroso, 2011)

Potensial pasang surut air laut juga bergantung pada jarak bumi-matahari. Jarak terdekat disebut perihelion dan yang terjauh adalah aphelion. Sementara jarak terjauh bumi-bulan disebut perigee dan terdekat disebut apogee. Dengan memperhatikan posisi perihelion dan aphelion matahari serta perigee dan apogee bulan, maka dapat diperkirakan bahwa dinamika elevasi permukaan air laut ketika terjadi pasang surut akan selalu berubah mengikuti perubahan posisi matahari dan bulan setiap saat dengan siklus yang mengikuti selisih waktu pergerakan matahari dan bulan. Demikian pula deklinasi matahari dan kemiringan (inklinasi) bidang orbit matahari terhadap ekuator langit mempengaruhi dinamika pasang surut air laut semakin bervariasi antara satu tempat dengan tempat yang lain (Poerbondono dan Djunasjah, 2012).

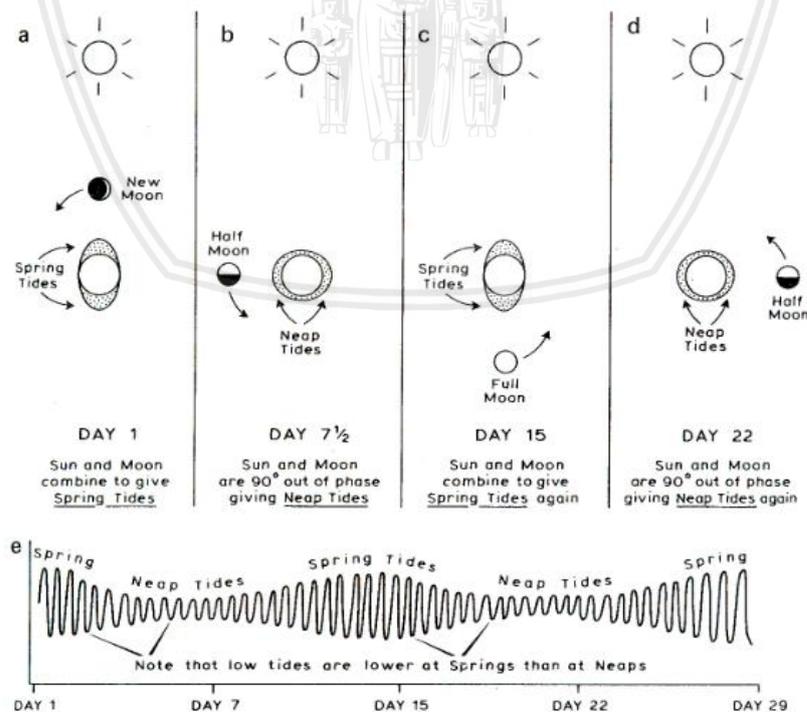
Terdapat faktor lain yang perlu diperhitungkan selain gaya pembangkit pasang surut, seperti kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi (gaya Coriolis), gesekan dasar laut. Selain itu juga terdapat beberapa faktor lokal yang dapat mempengaruhi pasut di suatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan. Gaya Coriolis mempengaruhi arus pasut dengan faktor gesekan dasar yang dapat mengurangi periode pasut dan menyebabkan keterlambatan fase (*Phase lag*), serta mengakibatkan persamaan gelombang pasut menjadi non linier. Semakin dangkal perairan maka semakin besar pengaruh gesekannya (Petrajani *et al.*, 2002).

2.5.2 Jenis Dan Tipe Pasang Surut

Adapun jenis dan tipe pasang surut dapat menurut Poerbondono dan Djunasjah (2012), dijabarkan sebagai berikut.

a. Jenis Pasang Surut Air Laut.

- 1) Pasang purnama (*spring tide*), adalah pasang yang terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada kondisi ini akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang surut purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama (Gambar 4).
- 2) Pasang perbani (*neap tide*), adalah pasang yang terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada kondisi ini akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ (Gambar 4).

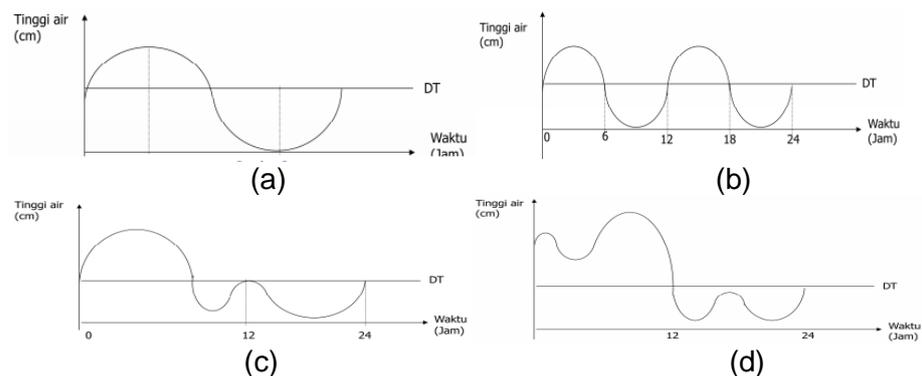


Gambar 4. Variasi pasang surut karena perubahan kedudukan bulan dan matahari saat *spring tide* dan *neap tide* (Pethick, 1992)

b. Tipe Pasang Surut Air Laut

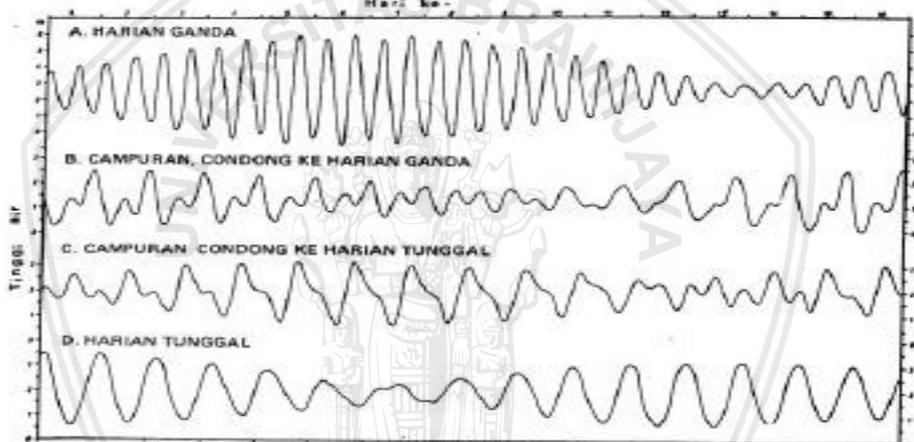
Tipe pasut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap harinya. Tipe pasang surut biasanya dipengaruhi oleh faktor lokalitas laut secara khusus, sehingga membedakan karakter pasang surut antara satu tempat dengan tempat yang lain. Ada tipe pasut diklasifikasikan menjadi empat tipe, yaitu:

- 1) Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), yaitu dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit 47 detik (Gambar 5a).
- 2) Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*) yaitu dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama. Periode pasang surut ini rata-rata 12 jam 24 menit 23,5 detik (Gambar 5b).
- 3) Pasang surut campuran condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*) yaitu terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda (Gambar 5c).
- 4) Pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal*) yaitu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda (Gambar 5d).



Gambar 5. Grafik masing-masing tipe pasang surut dalam 1 hari (Saroso, 2011)

Adapun grafik pengamatan harian tipe-tipe pasang surut dalam 30 hari pasang surut air laut dari berbagai tempat (Gambar 6).



Gambar 6. Grafik masing-masing tipe pasang surut dalam 30 hari (Nontji, 2007)

2.6 Studi Kasus Mikroplastik terkait Pasang Surut

Mayoritas puing-puing plastik yang ditemukan di lingkungan laut memiliki sumber berbasis daratan dan sungai yang diduga sebagai media penting dalam mentransfer puing-puing plastik ini. Wessel *et al.* (2016) menyelidiki puing-puing mikroplastik pada garis pantai berpasir di tujuh lokasi muara utara dari Teluk Meksiko selama musim panas 2014. Mikroplastik ditemukan hampir di seluruh wilayah yang diteliti pada konsentrasi 66-253 kali lebih besar dibandingkan yang dilaporkan pada lautan terbuka. *Polypropylene* dan *polyethylene* adalah polimer yang paling banyak ditemukan, sementara *polystyrene*, *polyester* dan *aliphatic*

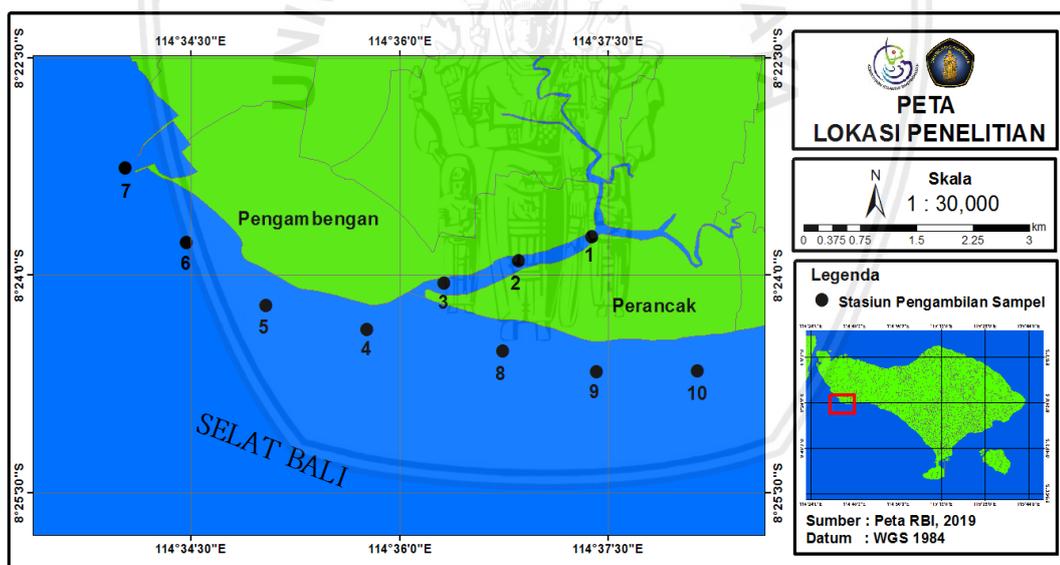
polyamide ditemukan dalam jumlah yang lebih rendah. Terdapat gradien dalam kelimpahan mikroplastik, dimana lokasi yang terkena pengaruh pasang surut memiliki kelimpahan dan keragaman mikroplastik yang lebih tinggi, dengan didominasi oleh polimer yang lebih rapat (misalnya *polyester*). Hasil ini menunjukkan bahwa paparan untuk input dari Teluk merupakan penentu penting kelimpahan mikroplastik.

Arus pasang surut biasanya dapat sangat memengaruhi waktu tinggal dan transport benda-benda mengambang di dalam muara seperti puing-piung plastik. Seperti yang dilaporkan pada penelitian Sadri dan Thompson (2014), yakni mengenai jumlah dan komposisi dari puing-piung plastik yang dikumpulkan pada air permukaan Muara Tamar selama periode pasang surut yang berbeda. Penelitian ini merupakan studi yang pertama mengenai transportasi puing-piung plastik dari sungai ke perairan Eropa. Plastik ditemukan dalam berbagai bentuk dan ukuran dengan mikroplastik (<5 mm) ditemukan mencapai 82% dari total keseluruhan puing. Jenis plastik yang paling melimpah adalah *Polyethylene* (40%), *Polystyrene* (25%) dan *Polypropylene* (19%). Kelimpahan antara fase atau siklus pasang surut bervariasi tetapi tidak ada yang signifikan, dengan kecenderungan kelimpahan yang lebih rendah selama pasang surut perbani (*neap tides*). Terdapat perbedaan yang signifikan dalam distribusi frekuensi ukuran antara pasang surut purnama (*spring tides*) dan pasang surut perbani (*neap tides*) dengan lebih banyak ukuran lebih kecil yang diamati selama pasang perbani. Meskipun jelas bahwa puing-piung telah menumpuk pada garis pantai di muara, selama penelitian ini, akan tetapi sungai tidak teridentifikasi sebagai sumber atau tenggelamnya mikroplastik.

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Jembrana, Bali tepatnya di perairan sekitar Desa Perancak dan perairan sekitar Desa Pengambangan. Sampel air diambil di 10 titik stasiun yaitu di sekitar Muara Perancak (stasiun 1, 2, 3, 8, 9, 10) dan Perairan Pengambangan (stasiun 4 – 7) dengan pertimbangan bahwa pada 10 stasiun tersebut merupakan daerah persebaran mikroplastik yang terdekat dengan lokasi sumber aktivitas antropogenik dan masih terkena pengaruh pasang surut. Pendataan lokasi dilakukan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*). Adapun titik sampling dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan disesuaikan dengan metode pengujian hasil perpaduan dari beberapa sumber literatur. Alat yang dibutuhkan dalam penelitian, terdiri dari alat – alat yang digunakan saat di lapang dan alat – alat yang digunakan di laboratorium (Tabel 1).

Tabel 1. Daftar Alat Penelitian Beserta Fungsinya

No	Nama	Keterangan	Fungsi
1.	<i>Plankton net</i>	<i>Mesh size 300 μm</i>	Mengambil sampel air
2.	GPS	Merk Garmin	Menentukan posisi lokasi penelitian secara geografis
3.	Botol sampel 500 ml		Wadah sampel air
4.	<i>Coolbox</i>		Tempat menyimpan botol sampel
5.	<i>Current meter</i>	<i>Flowatch FL 03</i>	Mengukur kecepatan arus perairan
6.	Kompas		Mengukur arah arus perairan
7.	Kamera digital / handphone		Mendokumentasikan kegiatan penelitian
8.	<i>Washing Bottle</i>		Tempat aquades
9.	<i>Beaker Glass</i>		Wadah larutan sampel
10.	Gelas ukur		Mengukur volume larutan H ₂ O ₂ 30% dan Fe(II) 0.05 m yang dibutuhkan
11.	Neraca Analitik		Menimbang berat sampel dan NaCl
12.	<i>Hotplate</i>		Menghomogenkan dan memanaskan larutan
13.	Saringan 5 mm		Menyaring makrodebris pada sampel air
14.	Saringan 300 μm		Menyaring mikrodebris pada sampel air
15.	Alumunium Foil		Penutup sampel agar tidak terkontaminasi
16.	Oven		Mengeringkan sampel basah
17.	Mikroskop	ZEISS AxioCam ICC 1	Mengidentifikasi jenis mikroplastik yang ditemukan
18.	Komputer / Laptop yang telah terinstal <i>Software Microsoft Excel, Minitab17 dan ArGis 10</i>		Mengolah data penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari bahan – bahan yang digunakan saat di lapang dan alat-alat yang digunakan di laboratorium (Tabel 2).

Tabel 2. Daftar Bahan Penelitian Beserta Fungsinya

No.	Bahan	Keterangan	Fungsi
1.	Larutan Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂) 30%		Penghancur bahan organik pada sampel
2.	Larutan Fe(II) 0.05 M		Larutan katalis untuk mempercepat reaksi

No.	Bahan	Keterangan	Fungsi
3.	NaCl		Pemisah berat jenis mikroplastik
4.	Sampel air		Sampel dalam analisis mikroplastik
5.	Kertas label		Memberi tanda pada sampel
6.	Aquades		Kalibrasi alat dan untuk memperlambat reaksi kimia

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan meliputi observasi lapangan, pengambilan sampel air, dan pengukuran arus. Jenis data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data hasil pengamatan dan pengukuran langsung. Data primer tersebut berupa data sumber-sumber mikroplastik dari kegiatan antropogenik, kelimpahan mikroplastik, dan data arus. Sementara data sekunder meliputi data pasang surut dan curah hujan di lokasi selama waktu penelitian sebagai data pendukung data primer. Selain itu juga dilakukan studi berbagai sumber kepustakaan, baik sebagai acuan tentang analisis mikroplastik di lingkungan maupun sebagai pembandingan dari hasil pengukuran yang didapatkan.

3.3.1 Observasi Lapangan dan Wawancara

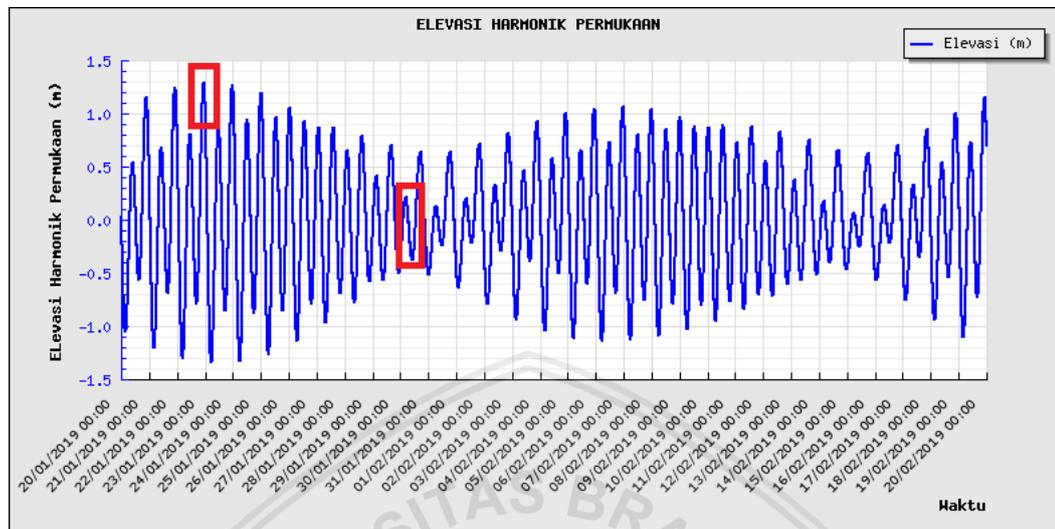
Observasi dan wawancara bertujuan untuk mengumpulkan data lokasi kegiatan antropogenik yang berpotensi menjadi sumber mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan, serta kondisi cuaca (intensitas curah hujan) pada lokasi selama waktu penelitian. Wawancara dilakukan secara langsung dengan beberapa nelayan dan masyarakat yang beraktivitas dan tinggal di dekat lokasi penelitian. Data hasil observasi lapangan dan wawancara digunakan sebagai data penunjang dari hasil mikroplastik yang ditemukan.

3.3.2 Pengambilan Sampel

Sampel air diambil mulai dari wilayah muara Perancak, hingga ke Perairan laut sekitar Pengambengan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu dengan mempertimbangkan kriteria sumber polutan (aktivitas antropogenik) dan jarak pencemaran. Pengambilan sampel air permukaan dilakukan sebanyak dua kali di setiap titik sampling yang sama yaitu pada waktu pasang surut purnama dan pasang surut perbani. Sampling waktu pasang purnama dilakukan pada kondisi pasang pukul 09.52 -12.11 WITA. Sementara sampling waktu pasang perbani dilakukan pada kondisi surut pukul 08.57 - 11.57 WITA. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa pergerakan partikel mikroplastik pada perairan dipengaruhi oleh pola pergerakan arus pasang surut di lokasi penelitian yang berbeda. Sesuai dengan Mustiawan *et al.* (2014), bahwa arus di Perairan Pengambengan pada waktu pasang menunjukkan kecenderungan pola pergerakan dari Tenggara menuju ke Barat Laut, sedangkan pada waktu surut bergerak dari Barat Laut menuju ke Tenggara. Sampling waktu pasang purnama dilakukan pada kondisi cuaca mendung dan dua hari sebelumnya terjadi hujan secara berturut-turut. Sementara sampling waktu pasang perbani dilakukan pada kondisi cuaca cerah dan satu hari sebelumnya cuaca cukup cerah. Penentuan waktu sampling dilakukan dengan melihat prediksi pasang surut di Perairan Pengambengan yang didapatkan dari website Sistem Prediksi Kelautan (SIDIK) milik Balai Riset dan Observasi Laut (<http://www.bpol.litbang.kkp.go.id/sidik>) (Gambar 8).

Sampel air diambil dengan menggunakan plankton net (*mesh size* 300 μm) dengan volume saring sebanyak 100 liter pada permukaan perairan. Setelah semua sampel air tersaring, plankton net dibilas dengan air agar tidak ada mikroplastik yang menempel atau tertinggal pada jaring. Sampel air yang

didapatkan, kemudian disimpan pada *cool box* dan dibawa menuju laboratorium untuk preparasi dan analisis lebih lanjut.



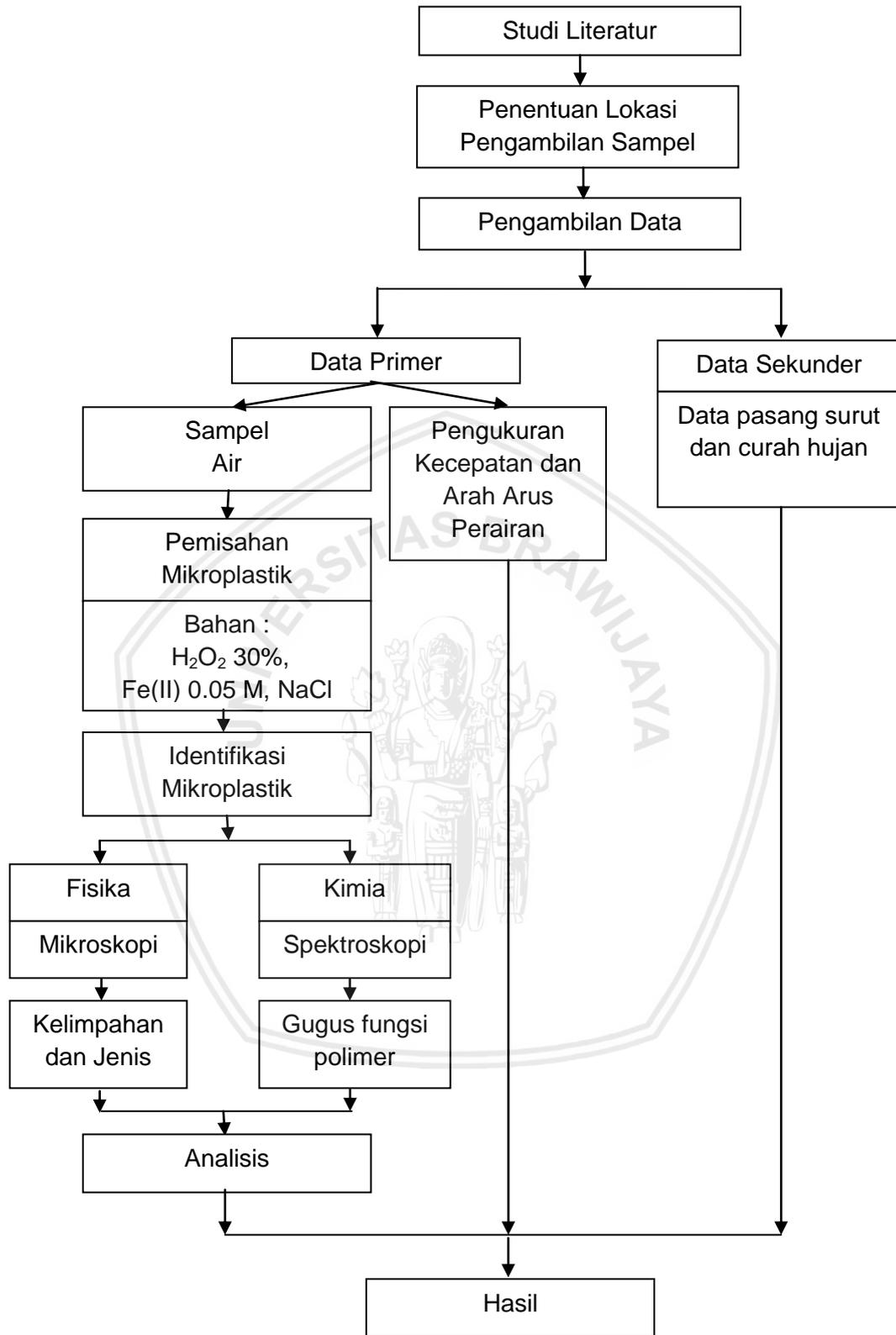
Gambar 8. Grafik Prediksi Pasang Surut di Perairan Pengambangan

3.3.3 Pengukuran Data Arus

Pengukuran kecepatan dan arah arus dilakukan pada 10 stasiun pengambilan sampel bersamaan pada waktu pengambilan sampel air. Data kecepatan arus diukur menggunakan alat *current meter* yang dimasukkan pada permukaan perairan. Sementara arah arus ditentukan berdasarkan menggunakan kompas yang dibidik sejalan dengan arah yang ditunjukkan pada bejana *current meter*.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan yang dilakukan mulai dari penentuan lokasi sampling, pengambilan data meliputi data primer dan data sekunder, serta tahap analisis data yang didukung oleh hasil observasi dan studi literatur sehingga didapatkan hasil sesuai tujuan (Gambar 9). Metode analisis mikroplastik yang dilakukan merupakan hasil perpaduan metode dari beberapa sumber literatur atau kepastakaan dengan sedikit modifikasi.



Gambar 9. Alur penelitian, dimulai dari studi literatur, pengambilan data, pengolahan data, analisis hingga mendapatkan hasil sesuai tujuan

3.5 Proses Pemisahan Mikroplastik

Metode analisis mikroplastik pada sampel air menggunakan metode dari NOAA (2015) dengan sedikit modifikasi. Tahapan analisis mikroplastik pada sampel air meliputi tahap penyaringan, pengeringan, perlakuan kimia, pemisahan densitas dan identifikasi. Sampel air disaring dengan penyaringan bertingkat yakni menggunakan saringan *stainless steel* 5 mm untuk memisahkan makrodebris, dan kawat saring 300 μm untuk memisahkan mikrodebris. Padatan hasil saringan kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 90°C selama 24 jam atau lebih hingga didapatkan berat konstan. Setelah didapatkan berat konstan, kemudian dilakukan proses perlakuan kimia dengan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) untuk menghilangkan semua bahan organik sehingga yang tersisa hanya partikel mikroplastik. WPO dilakukan dengan menambahkan larutan 20 ml larutan Fe (II) 0.05 M dan 20 ml H₂O₂ 30%, kemudian dipanaskan di atas *hot plate stirrer* pada suhu 75-80°C dengan kecepatan putaran 180 rpm selama \pm 30 menit. Berikutnya ditambahkan 6 gr NaCl per 20 mL sampel dan ditunggu hingga larut sempurna. Larutan hasil WPO kemudian didiamkan semalaman hingga terlihat bagian yang terapung dan mengendap. Bagian yang mengapung selanjutnya di saring kembali dan didiamkan hingga kering pada suhu ruangan untuk selanjutnya dilakukan proses identifikasi.

3.6 Identifikasi Mikroplastik

Identifikasi mikroplastik dibedakan menjadi dua, yaitu fisika dan kimia. Identifikasi fisika dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital (perbesaran 4x10) yang telah terhubung dengan software ZEN. Menghindari kesalahan identifikasi mikroplastik, identifikasi dilakukan menggunakan kriteria yang diterapkan dalam penelitian sebelumnya (Nor dan Obbard, 2014; Norén, 2007), antara lain.

- a. Memiliki ketebalan yang sama sepanjang ukurannya
- b. Tidak terlihat struktur selluler atau organik
- c. Serat tidak tersegmentasi atau tampak seperti pita datar yang dipelintir
- d. Warna partikel homogen
- e. Partikel tidak mengkilap

Mikroplastik yang diidentifikasi dibedakan menjadi empat jenis yaitu jenis fiber, film, fragmen dan pellet berdasarkan karakteristik dari mikroplastik seperti bentuk dan warnanya menurut Hidalgo-Ruz *et al.* (2012) pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori jenis mikroplastik menurut Hidalgo-Ruz *et al.* (2012)

Jenis Mikroplastik	Bentuk	Warna
Fiber	Serat panjang	
Fragmen	Bentuk tidak beraturan, irregular, memanjang, tepi yang kasar	Transparan, kristal, putih, buram, merah, pink, kuning, jingga, hijau, biru, coklat, abu-abu, hitam
Film	Tipis dan cenderung transparan	
Pellet	Cakram, silinder dan bulat telur	

Identifikasi kimia dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) *spectroscopy* untuk mengetahui jenis polimer yang terkandung dalam mikroplastik yang ditemukan pada sampel air. Sampel yang diidentifikasi pada FT-IR adalah mikroplastik dalam bentuk sampel kering. Pengujian FT-IR dilakukan di Laboratorium Bersama FMIPA Universitas Udayana, Badung, Bali.

3.7 Analisis Data

Mikroplastik yang telah diidentifikasi kemudian dihitung nilai kelimpahan dan dilakukan analisis pola distribusinya.

3.7.1 Kelimpahan Mikroplastik

Perhitungan kelimpahan mikroplastik dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak dari pencemaran mikroplastik disuatu sampel (Dewi *et*

al., 2015). Menurut Masura *et al.* (2015), kelimpahan mikroplastik dihitung per jenis mikroplastik yang ditemukan (partikel m^{-3}) dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kelimpahan mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah partikel mikroplastik (partikel)}}{\text{Volume air tersaring (m}^3\text{)}}$$

Data kelimpahan dan jenis-jenis mikroplastik yang ditemukan pada 10 stasiun pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui jenis mikroplastik yang dominan di setiap stasiun yang dihubungkan dengan sumber-sumber aktivitas antropogenik yang ada di dekat stasiun tersebut.

3.7.2 Pola Distribusi

Pola distribusi mikroplastik pada lokasi penelitian disajikan dalam bentuk peta sebaran kelimpahan mikroplastik. Selain itu, juga disajikan peta pergerakan arus pasang surut dari data hasil pengukuran lapangan. Peta sebaran kelimpahan mikroplastik dan peta arus primer dianalisis menggunakan *software ArGis 10*.

3.7.3 Analisis Perbandingan Kelimpahan Mikroplastik

Analisis perbandingan kelimpahan mikroplastik dilakukan menggunakan pendekatan statistik dengan uji *Paired t-test*. Analisis statistik yang dilakukan pertama kali ialah menguji normalitas data kelimpahan mikroplastik. Uji normalitas menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov untuk mengetahui apakah data terdistribusi normal. Uji Kolmogorov-Smirnov lebih sederhana dan dapat digunakan pada sampel kecil maupun besar (Wahyudi, 2007). Jika data terdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan Uji *Paired t-test*. Uji statistik yang dilakukan dibantu menggunakan *software Minitab 17*. Uji *Paired t-test* dilakukan untuk membandingkan kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang surut purnama dengan waktu pasang surut perbani, dengan hipotesa sebagai berikut.

H₀ : tidak ada perbedaan kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani

H1 : ada perbedaan kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang
purnama dengan pasang perbani



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Aktivitas Antropogenik Sumber Mikroplastik

Desa Pengambengan dan Desa Perancak adalah dua desa dari Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali dengan aktivitas antropogenik yang tinggi di sepanjang pesisirnya, termasuk di sepanjang aliran sungai dan muara. Tingginya aktivitas antropogenik sepanjang sungai dan wilayah pesisir ini diprediksi menjadi jalur distribusi mikroplastik ke perairan. Berdasarkan hasil observasi di lokasi penelitian dan wawancara dengan masyarakat sekitar, dapat diidentifikasi sumber-sumber mikroplastik di Desa Pengambengan dan Desa Perancak. Sumber-sumber mikroplastik tersebut antara lain :

a) Sampah domestik / pemukiman

Pada lokasi penelitian terdapat area pemukiman penduduk yang cukup padat dan jaraknya begitu dekat dengan perairan laut (Gambar 10). Aktivitas masyarakat setempat cenderung sangat berpengaruh terhadap masukan limbah dan sampah ke perairan. Hal ini terbukti dengan terlihatnya beberapa sampah rumah tangga yang didominasi oleh plastik baik di tepi dan badan perairan, pada muara sungai maupun perairan laut (Gambar 11). Hampir di setiap stasiun terlihat pemukiman penduduk, akan tetapi lokasi pemukiman yang cukup padat berada sangat dekat dengan Stasiun 4, 5, 7, 8 dan 9.



Gambar 10. Pemukiman di pesisir Perairan Pengambengan



Gambar 11. Sampah yang terlihat pada lokasi penelitian

b) Pelabuhan

Pada lokasi penelitian yaitu Desa Pengambengan terdapat sebuah pelabuhan dengan nama Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambengan yang berada sangat dekat dengan Stasiun 7. Pelabuhan ini digunakan sebagai tempat berlabuh kapal nelayan, bongkar muat dan menurunkan hasil tangkapan. Selain itu juga banyak ditemukan warga yang sengaja memancing di sepanjang mulut pelabuhan (Gambar 12). Dari aktivitas di pelabuhan ini mikroplastik dapat dihasilkan, misalnya yang berasal dari kantong plastik para nelayan untuk makanan, membungkus ikan, es batu dan lain-lain maupun dari alat tangkap ikan yang digunakan.



Gambar 12. Aktivitas di Perikanan Nusantara (PPN) Pengambengan

c) Aktivitas penangkapan ikan

Pada dasarnya lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Selat Bali yang merupakan wilayah penangkapan ikan (*fishing ground*), dan pesisirnya adalah pemukiman penduduk yang sebagian besar masyarakatnya bekerja sebagai nelayan, sehingga wilayah ini dipenuhi dengan aktivitas penangkapan ikan (Gambar 13). Aktivitas penangkapan ikan dengan menggunakan berbagai alat tangkap, dimana kebanyakan berasal dari tali, seperti jaring, dan pancing menjadi aktivitas sehari-hari di sekitar lokasi penelitian yang berada dekat dengan Stasiun 4 - 10. Mikroplastik jenis fiber banyak digunakan dalam pembuatan tali temali, dan berbagai alat tangkap seperti jenis pancing dan jaring tangkap (Nor dan Obbard, 2014).



Gambar 13. Aktivitas penangkapan ikan pada lokasi penelitian

d) Industri

Pada Desa Pengambengan ditemukan beberapa usaha industri perikanan yang berada sangat dekat dengan Stasiun 5 dan 7 (Gambar 14). Industri ini berpotensi menghasilkan masukan sampah plastik ke laut, mengingat jaraknya yang berhadapan langsung dengan pantai. Sampah-sampah plastik dihasilkan selama proses pengolahan sampai pengemasan seperti contohnya kantong plastik untuk membungkus ikan, es batu, makanan, minuman dan sebagainya.



Gambar 14. Beberapa industri perikanan pada lokasi penelitian

e) Pariwisata

Beberapa fasilitas wisata dan rekreasi seperti resort dan objek wisata ditemukan di pesisir Desa Perancak tepatnya dekat dengan Stasiun 8 dan 9. Objek wisata (Gambar 15) dan resort (Gambar 16) ini berada tepat di pinggir pantai, sehingga dapat menjadi sumber dari sampah plastik yang masuk ke lingkungan laut. Sampah-sampah yang masuk ke laut berisiko terhadap biota baik sebagai plastik makro, maupun sebagai mikroplastik setelah mengalami degradasi jangka panjang.



Gambar 15. Beberapa objek wisata pesisir pada lokasi penelitian



Gambar 16. Salah satu resort pada lokasi penelitian

f) Usaha tekstil

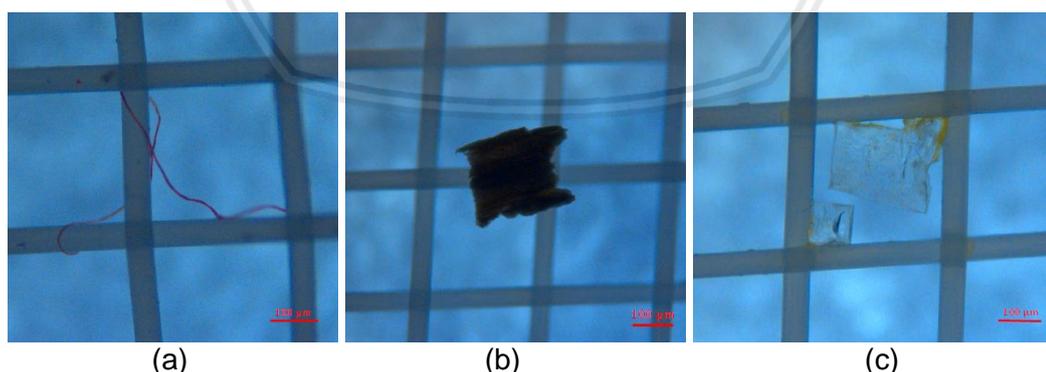
Salah satu sumber utama potensial mikroplastik ke lokasi penelitian ialah hasil pencucian tekstil atau pakaian. Di sekitar lokasi penelitian ditemukan beberapa usaha tekstil seperti usaha konveksi, garmen dan *laundry* pada lokasi pemukiman (Gambar 17) yang berada sangat dekat dengan Stasiun 5 dan 7. Usaha-usaha tekstil ini akan menghasilkan air limbah yang mengandung mikroplastik. Mikroplastik yang dihasilkan dapat berasal dari serat pakaian itu sendiri, maupun selama proses pencucian yakni mikroplastik jenis fiber. Sesuai dengan Browne *et al.* (2011), bahwa limbah buangan dari pembuatan pakaian sintetik yang diproduksi oleh industri tekstil menjadi sumber utama kontaminasi mikroplastik, dimana suatu garmen dapat menghasilkan >1900 fiber per pencucian. Dengan demikian, air limbah usaha tekstil ini sangat berpotensi membawa masukan bahan pencemar mikroplastik untuk masuk ke lautan melalui *runoff* sungai dan muara.



Gambar 17. Salah satu usaha konveksi dan *laundry* pada lokasi penelitian

4.2 Jenis Mikroplastik

Hasil analisis mikroplastik pada 10 stasiun pengamatan di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan menunjukkan bahwa ditemukan adanya kontaminan mikroplastik yakni mikroplastik jenis fiber, film dan fragmen (Gambar 18). Mikroplastik yang mendominasi pada setiap stasiun untuk pasang purnama dan pasang perbani adalah jenis fiber, diikuti jenis fragmen, dan terakhir adalah jenis film. Hal ini disebabkan karena lokasi penelitian secara umum adalah lokasi penangkapan ikan (*fishing ground*) dan fiber berasal dari alat-alat penangkapan ikan seperti jaring dan alat pancing (Victoria, 2017). Film adalah jenis mikroplastik hasil potongan produk plastik dengan densitas yang lebih rendah sehingga mudah terbawa arus dan terdistribusikan pada kolom air dibandingkan dengan fragmen (Dewi *et al.*, 2015). Jenis pelet tidak ditemukan, karena tidak adanya pabrik plastik disekitar lokasi penelitian. Selain itu disebabkan oleh ukuran pelet yang sangat kecil ($< 100 \mu\text{m}$) dan keterbatasan kemampuan alat yang digunakan. Menurut Cole *et al.* (2009), pelet atau resin yang dikenal sebagai 'nibs' adalah butiran plastik kecil yang diproduksi oleh pabrik sebagai bahan baku sebagai bahan baku untuk pembuatan produk plastik.



Gambar 18. Mikroplastik yang ditemukan pada sampel air di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan, (a) fiber, (b) fragmen, (c) film

Mikroplastik jenis fiber, film dan fragmen merupakan jenis mikroplastik yang umumnya ditemukan pada lokasi yang memiliki karakteristik serupa dengan lokasi penelitian yakni dekat dengan aktivitas domestik, dan kegiatan perikanan.

Komposisi jenis mikroplastik pada penelitian ini serupa dengan dengan hasil yang ditemukan oleh Zhao *et al.* (2014), Wang *et al.* (2016), dan Lusher *et al.* (2013), dengan jenis mikroplastik yang paling umum ditemukan yaitu fiber, kemudian diikuti jenis fragmen dan film.

Fiber cenderung menjadi jenis mikroplastik yang paling melimpah di lingkungan laut (Wright *et al.*, 2013) diduga karena adanya distribusi mikroplastik dari sungai yang berdekatan dengan aktivitas domestik ke laut. Hal ini sesuai dengan Browne *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa mikroplastik fiber dominan ditemukan di lingkungan laut dapat berasal dari limbah pencucian pakaian. Di sisi lain, fiber dapat berasal dari bahan tali. Lalu lintas laut dan kegiatan perikanan yang padat pada daerah studi membawa lebih banyak bahan tali yang dibuang ke perairan laut (Andrady, 2011 ; Thompson *et al.*, 2004). Sementara film dan fragmen merupakan jenis mikroplastik dari sumber sekunder yang kemungkinan berasal dari pecahan makroplastik melalui proses fisik dan kimia, ataupun bantuan panas dan cahaya (Cole *et al.* 2011). Jenis film dan fragmen sering dikaitkan dengan aktivitas penduduk yang tinggi (Browne *et al.* 2011; Desforjes *et al.* 2014), dimana umumnya digunakan untuk berbagai produk konsumen (misalnya kemasan makanan, botol air, kantong plastik, dan lain sebagainya).

Jenis pelet / *spherules* jarang ditemukan dibandingkan jenis lainnya diduga karena industri-industri plastik mulai mengantisipasi adanya tumpahan pelet ke lingkungan laut, seperti yang dilaporkan pada penelitian Ivar do Sul *et al.* (2013), dan Ryan (2008). Selain itu, pada penelitian di kepulauan Hawaii dan Laut Merah, pelet biasanya berkonsentrasi di sepanjang garis pasang dan bercampur dengan pasir dan potongan-potongan sampah kecil lainnya (Di dan Wang, 2018).

4.3 Kelimpahan dan Pola Distribusi Mikroplastik

Pada perairan Muara Perancak dan Perairan Pengambangan ditemukan adanya partikel mikroplastik dengan rata-rata kelimpahan mikroplastik sebesar 240,5 partikel m^{-3} . Hasil penelitian ini sesuai atau berada di bawah penelitian yang dilakukan oleh Noren dan Naustvoll (2010) yaitu kelimpahan mikroplastik pada perairan laut memiliki kisaran 0.01 sampai 10.2×10^4 partikel m^{-3} . Adapun perbandingan hasil kelimpahan pada penelitian ini dengan penelitian lain disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan nilai kelimpahan pada penelitian ini dengan penelitian lain

Lokasi	Alat sampling / mesh size (μm)	Rata-rata kelimpahan (partikel m^{-3})	Referensi
Muara Perancak dan Perairan Pengambangan	Plankton net / 300	240,5	Penelitian ini
Southern New England	Plankton net / 333	2,58	Carpenter <i>et al.</i> (1972)
Mediterranean and European Seas	Plankton net / 80	167–2400	Noren (2007)
West Coast, Sweden			
Southern California	Manta trawl/333	7,25	Moore <i>et al.</i> (2002)
Northeast Pacific Ocean	Manta trawl/505	0,004–0,19	Doyle <i>et al.</i> (2011)
Portuguese	Neuston net/280	0,002–0,036	Frias <i>et al.</i> (2014)
Yangtze, China	Teflon pump/333	4137	Zhao <i>et al.</i> (2014)

Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada penelitian ini memiliki nilai yang berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya dapat disebabkan oleh perbedaan metode maupun kelompok ukuran yang digunakan baik dalam sampling dan analisisnya (Zhao *et al.* 2014). Selain itu, karakteristik lokasi juga dapat memengaruhi kelimpahan mikroplastik. Nilai kelimpahan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian di perairan Southern New England, Southern California, Northeast Pacific Ocean dan Portuguese. Hal ini disebabkan

karena dibandingkan perairan-perairan pada penelitian tersebut, Muara Perancak dan Perairan Pengambangan adalah perairan semi tertutup, dimana dalam proses sirkulasi massa airnya sangat dominan dipengaruhi oleh arus pasang surut. Arus pasang surut biasanya dapat sangat memengaruhi waktu tinggal dan transportasi benda-benda mengambang di dalam muara. Bahan pencemar masuk dan keluar perairan serta tercampur dengan baik di semua lapisan kedalaman akibat arus pasang surut (Mustiawan *et al.*, 2014; Sadri dan Thompson, 2014). Sebaliknya, kelimpahan mikroplastik yang didapatkan pada penelitian ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan penelitian di estuari Yangtze, China. Hal ini diduga karena potensi pencemaran di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan masih lebih rendah dibandingkan di estuari Yangtze, China. Yangtze, China merupakan lokasi daerah perkotaan padat penduduk yang dikelilingi oleh industri manufaktur, konstruksi dan fasilitas sipil seperti pabrik pengolahan limbah dan beberapa pelabuhan di sekitarnya (*Huangqi port* dan *Fuling port*) (Zhang *et al.*, 2017). Selain itu China juga dianggap sebagai salah satu dari tiga produsen terbesar limbah plastik (Rochman *et al.*, 2013). Dengan demikian, distribusi mikroplastik juga dipengaruhi oleh karakteristik perairan dan keberadaan sumber mikroplastik (Vaughan *et al.*, 2017).

Persentase kelimpahan mikroplastik untuk tiga jenis mikroplastik menunjukkan nilai yang bervariasi dengan kisaran nilai yang tidak jauh berbeda antara waktu pasang purnama dan pasang perbani (Tabel 5). Persentase kelimpahan mikroplastik jenis fragmen dan film cenderung memiliki persentase nilai lebih tinggi pada waktu pasang purnama dibandingkan pasang perbani. Sementara persentase kelimpahan mikroplastik jenis fiber lebih bervariasi, dimana persentase nilai cenderung lebih tinggi pada pasang perbani dibandingkan pasang purnama.

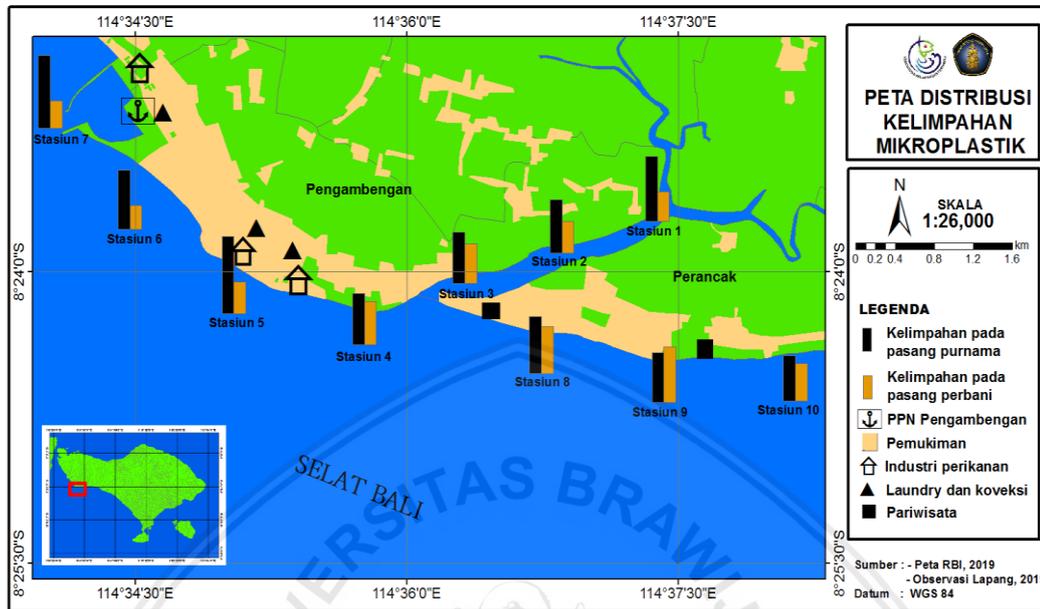
Tabel 5. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian

Lokasi	Persentase jenis (%)					
	Fiber		Fragmen		Film	
	Pasang Purnama	Pasang perbani	Pasang purnama	Pasang perbani	Pasang Purnama	Pasang Perbani
Stasiun 1	57,58	66,67	21,21	20,00	21,21	13,33
Stasiun 2	51,85	68,75	25,93	12,50	22,22	18,75
Stasiun 3	73,08	55,00	11,54	25,00	15,38	20,00
Stasiun 4	50,00	68,18	23,08	18,18	26,92	13,64
Stasiun 5	79,49	75,00	7,69	12,50	12,82	12,50
Stasiun 6	76,67	66,67	13,33	8,33	10,00	25,00
Stasiun 7	35,14	64,29	35,14	21,43	29,73	14,29
Stasiun 8	37,93	66,67	37,93	20,83	24,14	12,50
Stasiun 9	76,00	75,00	12,00	21,43	12,00	3,57
Stasiun 10	73,91	84,21	17,39	15,79	8,70	0,00

Persentase kelimpahan mikroplastik bervariasi antar jenis mikroplastik pada waktu pasang purnama dan pasang perbani disebabkan karena masing-masing jenis mikroplastik yang ditemukan memiliki ukuran dan densitas berbeda-beda sehingga mempengaruhi transport partikel mikroplastik tersebut pada permukaan perairan yang cenderung bergerak mengikuti arus (Claessens *et al.*, 2011). Partikel mikroplastik yang memiliki ukuran lebih kecil dan densitas yang lebih rendah akan lebih mudah terbawa arus dan terdistribusikan pada kolom air (Dewi *et al.*, 2015). Dengan demikian juga akan mempengaruhi persentase dari tiap jenis mikroplastik tersebut pada kondisi pasang purnama (kecepatan arus pasang surut maksimum) maupun pada kondisi pasang perbani (kecepatan arus pasang surut minimum).

Distribusi kelimpahan mikroplastik menunjukkan kisaran nilai yang berbeda antara waktu pasang purnama dengan pasang perbani. Hal ini didukung oleh hasil analisis statistik menggunakan uji *Paired t-test* dengan nilai $p\text{-value} < 0.05$ (Tolak H_0), yang berarti ada perbedaan kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani. Distribusi kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang purnama menunjukkan kisaran nilai yang lebih tinggi

dibandingkan dengan kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang perbani (Gambar 19).



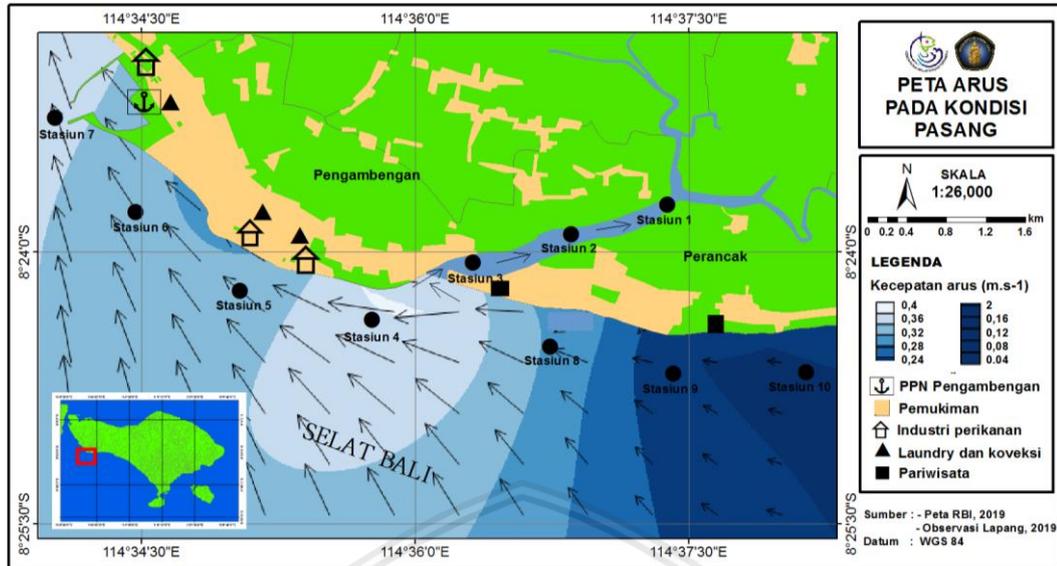
Gambar 19. Peta distribusi kelimpahan mikroplastik (partikel^{m-3}) pada waktu pasang purnama dan pasang perbani

Distribusi kelimpahan mikroplastik ini diduga dipengaruhi oleh kondisi arus yang berbeda saat pasang purnama dengan pasang perbani, dimana kecepatan arus pada saat pasang purnama (pasang tertinggi) lebih cepat dibandingkan saat pasang perbani (mando). Hal ini di dukung oleh Simatupang (2016), yang menyatakan bahwa kecepatan arus pasang surut maksimum terjadi pada saat kedudukan muka air tinggi dan kecepatan arus pasang surut minimum terjadi saat muka air rendah. Kecepatan arus yang semakin besar akan menyebabkan massa air yang membawa muatan tersuspensi lebih besar termasuk partikel – partikel mikroplastik didalamnya. Hal ini sesuai dengan Rositasari *et al.* (2017), bahwa muatan tersuspensi yang lebih besar ditemukan pada lokasi yang memiliki kedalaman dan kecepatan arus yang lebih besar. Selain itu, menurut hasil observasi lapang, saat kondisi surut, *runoff* dari hulu cenderung lebih banyak membawa angkutan partikel tersuspensi dan sampah

organik seperti sampah dedaunan dan ranting-ranting pohon dibandingkan sampah plastik.

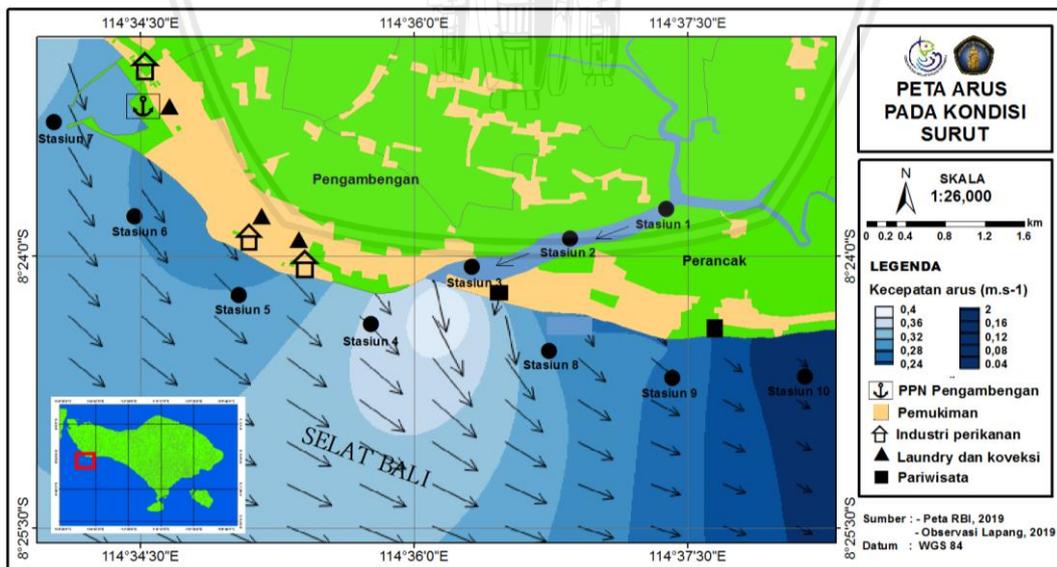
Faktor curah hujan pada lokasi penelitian juga cenderung mempengaruhi distribusi kelimpahan mikroplastik, dimana terdapat perbedaan curah hujan antara periode waktu sampling pasang purnama dan pasang perbani. Sampling waktu pasang purnama dilakukan saat kondisi cuaca mendung dan dua hari sebelumnya terjadi hujan secara berturut-turut. Sementara sampling waktu pasang perbani dilakukan saat kondisi cuaca cerah dan satu hari sebelumnya cuaca cukup cerah. Menurut Eerkes-Medrano *et al.* (2015), curah hujan dan kecepatan angin memiliki peran penting dalam memengaruhi pola distribusi dan kelimpahan dari mikroplastik dalam badan air. Curah hujan dapat meningkatkan kemungkinan masuknya plastik dari daratan ke badan air melalui *run-off*. Hal ini yang menyebabkan terdapat kelimpahan saat pasang purnama cenderung lebih tinggi dibandingkan pasang perbani.

Pola distribusi mikroplastik pada Muara Perancak dan Perairan Pengambangan menunjukkan perbedaan antara waktu pasang purnama dan pasang perbani sebagai pengaruh dari pergerakan arus pada kondisi pasang dan surut. Pada waktu pasang purnama (kondisi pasang), pola distribusi mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan menunjukkan nilai kelimpahan yang cenderung semakin tinggi ke arah barat laut (Gambar 19). Pola ini cenderung mengikuti arah pergerakan arus pada kondisi pasang yang bergerak dari arah selatan dan tenggara ke barat laut yaitu menuju wilayah Pelabuhan Perikanan Nusantara Pengambangan (Gambar 20).



Gambar 20. Pola pergerakan arus hasil observasi lapang di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan pada pasang purnama (kondisi pasang)

Sementara pada pasang perbani (kondisi surut), pola distribusi mikroplastik menunjukkan nilai kelimpahan yang cenderung semakin tinggi ke arah tenggara yaitu di sekitar Muara Perancak (Gambar 19). Pola ini cenderung mengikuti arah pergerakan arus pada kondisi surut yang bergerak dari arah Barat Laut ke Tenggara, yaitu menuju Perairan sekitar muara Perancak (Gambar 21).



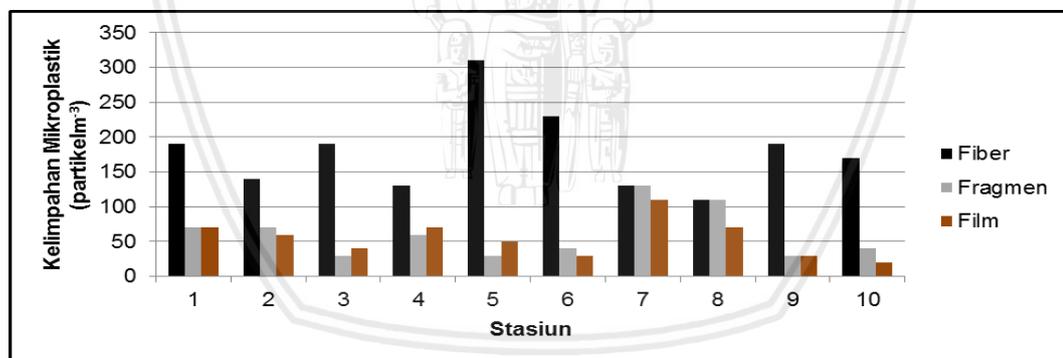
Gambar 21. Pola pergerakan arus hasil observasi lapang di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan pada waktu pasang perbani (kondisi surut)

Pola pergerakan arus pada lokasi penelitian ini sesuai dengan penelitian Pranowo dan Realino (2006), bahwa sirkulasi massa air pada saat pasang di

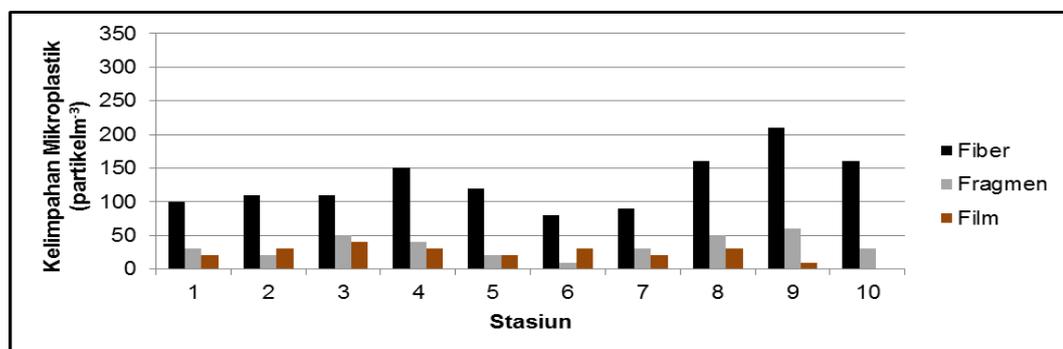
perairan Selat Bali memperlihatkan pergerakan massa air permukaan yang masuk ke Selat Bali dari arah Selatan-Tenggara menuju ke Utara-Barat Laut. Sebaliknya, pada saat surut massa air permukaan masuk ke Selat Bali dari arah Utara-Barat Laut menuju ke Selatan-Tenggara. Dengan demikian, pola distribusi mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambangan pada waktu air pasang dan surut dipengaruhi dari pola arus secara umum yang berada di Selat Bali.

4.3.1 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Jenis

Nilai kelimpahan dari masing-masing jenis mikroplastik bervariasi pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis statistik dengan menggunakan uji *Paired t-test* dengan nilai $p\text{-value} < 0.05$ (Tolak H_0), yang berarti ada perbedaan kelimpahan jenis mikroplastik pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani.



Gambar 22. Grafik kelimpahan jenis mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian pada waktu pasang purnama



Gambar 23. Grafik kelimpahan jenis mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian pada waktu pasang perbani



Secara umum kelimpahan mikroplastik pada setiap stasiun didominasi oleh jenis fiber dengan nilai kelimpahan yang begitu bervariasi, baik pada waktu pasang purnama (Gambar 22) maupun waktu pasang perbani (Gambar 23). Mikroplastik jenis fiber ditemukan memiliki nilai kelimpahan yang jauh lebih tinggi di Stasiun 5 dibandingkan stasiun lainnya pada waktu pasang purnama. Sementara pada waktu pasang perbani nilai kelimpahan fiber paling tinggi pada stasiun 9 dibandingkan stasiun lainnya. Kelimpahan jenis fiber diduga dipengaruhi keberadaan sumber mikroplastik fiber. Fiber paling tinggi ditemukan pada kedua stasiun tersebut diduga bersumber dari aktivitas pemukiman yang berada sangat dekat dengan stasiun-stasiun tersebut, termasuk adanya beberapa usaha pencucian pakaian (*laundry*) yang jaraknya dekat dengan Stasiun 5. Sesuai dengan Browne *et al.* (2011), bahwa serat pakaian dari hasil pencucian memberikan proporsi mikroplastik jenis fiber yang besar di lingkungan laut, baik yang berasal dari pencucian skala rumah tangga maupun dari industri tekstil. Limbah buangan dari pembuatan pakaian sintetik yang diproduksi oleh industri tekstil seperti garmen dapat menghasilkan >1900 fiber per pencucian. Selain itu juga disebabkan oleh tingginya aktivitas penangkapan disekitar stasiun ini, fiber banyak ditemukan diduga bersumber dari alat tangkap seperti jaring ikan dan alat pancing (Victoria, 2017). Adanya perbedaan lokasi pada nilai kelimpahan fiber paling tinggi antara waktu pasang purnama dengan pasang perbani diduga hasil dari pengaruh pergerakan arus pada kondisi pasang dan surut.

Mikroplastik jenis fragmen dan film memiliki kisaran nilai kelimpahan yang tidak terpaut jauh antara pada setiap stasiun, baik pada waktu pasang purnama (Gambar 22) maupun waktu pasang perbani (Gambar 23). Akan tetapi mikroplastik jenis fragmen dan fiber cenderung ditemukan paling tinggi pada Stasiun 7 dan 8. Fragmen dan film paling banyak ditemukan pada kedua stasiun

ini disebabkan karena letaknya yang dekat dengan aktivitas antropogenik, dimana Stasiun 7 sangat dekat dengan pelabuhan (PPN Pengambangan), pemukiman, maupun industri perikanan. Sementara Stasiun 8 dekat dengan kegiatan pariwisata dan pemukiman. Kegiatan-kegiatan ini berpotensi menghasilkan masukan sampah plastik baik melalui secara sengaja maupun tidak disengaja (Cole *et al.*, 2011). Tipe fragmen merupakan jenis mikroplastik dari sumber sekunder yang sering dikaitkan dengan daerah yang memiliki aktivitas penduduk yang tinggi (Browne *et al.*, 2011; Yona *et al.*, 2019). Umumnya tipe fragmen dan film digunakan dalam produk konsumen (contohnya kantong plastik, kemasan makanan, botol minuman, dan lain-lain), dimana produk-produk tersebut kemungkinan mengalami proses fragmentasi melalui proses fisik dan kimia, yang menghasilkan bentuk mikroplastik yang tidak beraturan (Cole *et al.*, 2011).

4.3.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Ukuran

Pengelompokkan ukuran mikroplastik pada penelitian ini berpedoman pada penelitian Cordova *et al.* (2018), yang membagi ukuran mikroplastik ke dalam 4 kelompok ukuran yaitu: kelompok 1 (<300 μm), kelompok 2 (300-500 μm), kelompok 3 (500-1000 μm), dan kelompok 4 (1000 - 5000 μm).

Tabel 6. Rata-rata kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran

Ukuran partikel (μm)	Rata - rata (partikel m^{-3}) \pm SD	
	Pasang purnama	Surut perbani
<300	20 \pm 12,69	17 \pm 11,60
300 – 500	102 \pm 28,60	59 \pm 16,63
500 – 1000	118 \pm 23,48	79 \pm 19,69
1000 – 5000	55 \pm 9,43	31 \pm 11,01

Kelimpahan mikroplastik dominan ditemukan pada kelompok ukuran 300-1000 μm di semua stasiun baik pada waktu pasang purnama maupun pasang perbani (Tabel 6). Beberapa penelitian menunjukkan dominasi ukuran

yang cenderung sama dengan penelitian ini, meskipun terdapat perbedaan dari rentang kelompok ukuran mikroplastik yang digunakan, diantaranya pada perairan di China (Di dan Wang, 2018), perairan Laurentian Great Lakes, AS (Eriksen *et al.*, 2013), dan Danau Taihu (Su *et al.*, 2016). Proporsi tinggi dari partikel plastik berukuran kecil ini menunjukkan fakta bahwa puing-puing plastik besar dapat terurai lagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil (Zhang *et al.*, 2015). Rentang ukuran mikroplastik ini menentukan distribusi dan dampak potensial pada ekosistem. Dominasi ukuran partikel yang lebih kecil akan meningkatkan potensi ancaman terhadap biota perairan (Nor dan Obbard, 2014). Ukuran ini mendekati ukuran dari plankton sehingga mempermudah dalam proses transport dan distribusinya (Lusher *et al.*, 2013).

Pola distribusi yang terbentuk berdasarkan ukuran mikroplastik menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik meningkat seiring dengan penurunan ukuran partikel. Seperti yang ditunjukkan oleh Isobe *et al.* (2015) dan Cózar *et al.* (2014), bahwa jumlah mikroplastik meningkat dengan berkurangnya ukuran partikel terjadi karena partikel mikroplastik besar terdegradasi menjadi beberapa bagian kecil, dengan tetap mempertahankan volume dan berat aslinya. Hal yang menarik, bahwa konsentrasi mikroplastik menurun dengan cepat pada ukuran kurang dari 0,8 mm. Isobe *et al.* (2015) menyebutkan bahwa hilangnya partikel mikroplastik kecil di bagian permukaan laut diduga disebabkan oleh beberapa faktor antara lain karena adanya proses *biofouling* dan / atau konsumsi oleh biota. Selain itu, kemungkinan juga karena mikroplastik terlewat oleh jaring neuston dan / mungkin diabaikan saat identifikasi visual di laboratorium. Dengan demikian perlu adanya eksplorasi lebih lanjut untuk menentukan penyebab pasti penurunan cepat ini.

4.4 Jenis Polimer Mikroplastik

Mikroplastik yang ditemukan tidak mudah untuk ditentukan sumber atau asal-usulnya, akan tetapi identifikasi jenis polimer umumnya yang digunakan untuk memberikan suatu indikasi sumber yang lebih jelas (Sadri dan Thompson, 2014). Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa sampel yang diuji mengandung jenis polimer yang berbeda (Tabel 7). Sampel yang digunakan dalam uji FTIR ialah mikroplastik yang masih terlihat mata (>1 mm), dibedakan berdasarkan tiga jenis mikroplastik yakni fiber, film dan fragmen dari gabungan hasil sampling waktu pasang purnama dan pasang perbani. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kriteria sampel pada alat FTIR yaitu memerlukan sampel yang cukup banyak dengan ukuran partikel sampel yang tidak terlalu kecil. Tiga sampel tersebut diambil untuk mewakili jenis mikroplastik yang ditemukan yaitu tipe fiber, fragmen, dan film. Hasil FTIR ialah berupa grafik absorbansi spektrum dari sampel, yang kemudian diidentifikasi jenis polimernya berdasarkan gelombang absorbansi dari *database* standar. Adapun jenis polimer penyusun plastik yang teridentifikasi ialah sebanyak 7 jenis meliputi *Polyamides (PA)*, *Polycarbonate (PC)*, *Polyethylene (PE)*, *Polypropylene (PP)*, *Polysterene (PS)*, *Polyethylene terephthalate (PET)* dan *Polyvinyl chloride (PVC)*.

Tabel 7. Polimer Hasil FTIR

Jenis Mikroplastik yang Diujikan	Polimer Hasil FTIR
Fiber (n = 4)	<i>Polyethylene (PE)</i> <i>Polypropylene (PP)</i> <i>Polysterene (PS)</i>
Film (n = 4)	<i>Polyamides (PA)</i> <i>Polypropylene (PP)</i> <i>Polysterene (PS)</i>
Fragmen (n= 8)	<i>Polycarbonate (PC)</i> <i>Polyethylene (PE)</i> <i>Polyethylene terephthalate (PET)</i> <i>Polyvinyl chloride (PVC)</i>

Jenis – jenis polimer mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian ialah jenis polimer yang paling banyak ditemukan pada lokasi yang sebagian besar dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik (Jambeck *et al.*, 2015; Vinello *et al.*, 2013; Andrady, 2011; Browne *et al.*, 2010; Cole *et al.*, 2011). Polimer jenis *Polypropylene* (PP) merupakan polimer yang paling banyak diproduksi di seluruh dunia (PlasticsEurope, 2015). Jenis polimer PP dan *Polyethylene* (PE) merupakan polimer plastik yang paling banyak digunakan untuk bahan jaring dan tali pancing (Wang *et al.*, 2016). *Polystyrene* (PS) umumnya digunakan dalam industri pengemasan dan manufaktur seperti produk sehari-hari, kosmetik dan lainnya (Di dan Wang, 2018). *Polyethylene terephthalate* (PET) biasanya digunakan dalam produksi tekstil, seperti pakaian, selimut dan baju hangat. *Polyamides* (PA), *Polycarbonate* (PC), dan *Polyvinyl chloride* (PVC) ialah polimer plastik yang erat kaitannya dengan aktivitas industri dan pusat kota (Jambeck *et al.*, 2015; Vinello *et al.*, 2013). Dengan demikian, aktivitas antropogenik disekitar lokasi penelitian diduga merupakan sumber potensial dalam menambah jumlah mikroplastik pada lokasi penelitian.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis mikroplastik di Muara Perancak dan Perairan Pengambengan menunjukkan bahwa ditemukan adanya kontaminan mikroplastik. Mikroplastik ditemukan terdistribusi dalam kisaran ukuran dan kelimpahan yang bervariasi antar stasiun baik waktu pasang purnama maupun pasang perbani. Kelimpahan mikroplastik pada Muara Perancak dan Perairan Pengambengan berkorelasi kuat dengan sumber-sumber mikroplastik yang berasal dari kegiatan antropogenik terdekat meliputi kegiatan penangkapan ikan, pemukiman, industri, pariwisata, usaha tekstil dan pelabuhan (PPN Pengambengan). Jenis mikroplastik yang mendominasi adalah fiber (64%), diikuti fragmen (20%), dan film (16%). Secara umum distribusi kelimpahan mikroplastik pada waktu pasang purnama menunjukkan kisaran total kelimpahan yang lebih tinggi (230 – 390 partikel m^{-3}) dibandingkan pada waktu pasang perbani (120 – 280 partikel m^{-3}). Perbedaan kelimpahan dan pola distribusi mikroplastik diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya karakteristik perairan, keberadaan sumber mikroplastik, ukuran partikel, curah hujan dan arus perairan. Mikroplastik yang ditemukan membuktikan bahwa aktivitas antropogenik disekitar lokasi penelitian merupakan sumber potensial dalam menambah jumlah mikroplastik pada lokasi penelitian.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya mengenai topik yang sama, sebaiknya dilakukan pada satu siklus lengkap pasang surut (fase bulan baru, bulan purnama dan pasut perbani) untuk lebih memastikan pola temporal mikroplastik akibat pengaruh pasang surut. Selain itu dapat dilakukan penelitian untuk

membandingkan mikroplastik pada kolom air yang berbeda atau air dengan sedimen untuk mengetahui pola penyebaran mikroplastik secara vertikal.



DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. **62** : 1596–1605.
- Anugrah. 2009. Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo. Jawa Timur
- Auta, H.S., Emenike, C., Fauziah, S., 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ. Int.* **102**: 165–176.
- Balai Penelitian dan Observasi Laut (BPOL).2018. Sampah Kiriman Pantai Kuta Antara Berkah Dan Bencana.<http://bpol.litbang.kkp.go.id>. Diakses tanggal 25 Desember 2017
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. London, B*. **364**: 1985-1998.
- Besseling, E., Quik, J.T...Sun, M...Koelmans, A.A., 2017. Fate of nano-and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Env. Pollut.* **220**: 540–548.
- Browne MA, Galloway TS, Thompson RC. 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environ. Sci. Technol.* **44**: 3404-3409.
- Browne, M.A., Crump, P. Niven, S.J. Teuten, E. Tonkin, A. Galloway, T...Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Env. Sci Technol.***45**(21): 9175-9179.
- Carpenter, E.J., Smith, K.L., 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science* **175** (4027): 1240–1241 (New York, N.Y.)
- Claessens M, Meester SD, Landuyt LV, Clerck KD, Janssen CR. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar. Pollut. Bull.* **62**: 2199- 2204.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*. **62**(12): 2588–2597.
- Cordova, M.R., Hermawan, U.E.2018.Microplastic in Sumba Water, East Nusa Tenggara. *IOP Publishing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences* .**162**.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., Palma, Á.T., Navarro, S., García-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernández-de-Puelles, M.L., Duarte, C.M., 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **111**: 10239–10244.

- Crawford, C.B., Quinn, B. 2017. The biological impacts and effects of contaminated microplastics, in: *Microplastic Pollutants. Elsevier*, pp. 159–178.
- Desforges JPW, Galbraith M, Dangerfield N, Ross PS. 2014. Widespread distribution of microplastic in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* **71** (1): 94–99.
- Dewi, I.S., Anugrah Aditya Budiarsa dan Irwan Ramadhan Ritonga, 2015. Distribusi Mikroplastik Pada Sedimen Muara Badak Kabupaten Kutai Kertanegara. *Depik.* **43**: 121-131.
- Di M., J. Wang. 2018. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment.* 616-617 1620–1627
- Doyle MJ, Watson W, Bowlin NM, Sheavly SB. 2011. Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar. Environ. Res.* **71**: 41-52.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C. Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S., 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* **77**: 177-182.
- Eerkes-Medrano D, Thompson RC, Aldridge DC. 2015. Microplastic in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Res.* **75**: 63-82.
- Frias JPGL, Otero V, Sobral P. 2014. Evidences of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters. *Mar. Environ. Res.* **95**: 89-95.
- Galgani F, Hanke G, Werner S, De Vrees L. 2013. Marine litter within the European Marine strategy framework directive. *ICES J. Mar. Sci.* **70**: 1055-1064
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L. Thompson, R.C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Sci. Technol.* **46**: 3060–75
- Isobe, A., Uchida, K., Tokai, T., Iwasaki, S. 2015. East Asian seas: a hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull.* **101**: 618–623.
- Ivar do Sul, J.A., Costa, M.F., Barletta, M., Cysneiros, F.J.A. 2013. Pelagic microplastics around an archipelago of the Equatorial Atlantic. *Mar. Pollut. Bull.* **75**: 305–309
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Law KL. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* **347**: 768-771
- Katsanevakis, S., A. Katsarou. 2004. Influences on the distribution of marine debris on the seafloor of shallow coastal areas in Greece (Eastern Mediterranean). *Water, Air, and Soil Pollution.* **159**: 325-337.

- Li, J., Qu, X. Su, L. Zhang, W. Yang, D. Kolandhasamy, P. Li, D. Shi, H., 2016. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Env. Pollut.* **214**: 177–184.
- Lusher, A. L., McHugh, M., Thompson, R., 2012. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar. Pollut.* **67** (1): 94–99.
- Masura, J., Joel, B., Gregory F., Courtney A. 2015. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48
- Moore CJ, Moore SL, Weisberg SB, Lattin GL, Zellers AF. 2002. A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in southern California's coastal waters. *Mar. Pollut. Bull.* **44**: 1035–1038
- Mustiawan K., Sri Y. W., Elis I. 2014. Distribusi Konsentrasi Nitrogen Anorganik Terlarut pada Saat Pasang dan Surut di Muara Sungai Perancak dan Industri Pelabuhan Perikanan Pengembangan Bali. *Jurnal Oseanografi.* **3** (3) : 438 - 447
- Nontji, A. 2007. Laut Nusantara. Djambatan : Jakarta.
- Nor, M., J.P. Obbard. 2014. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin.*, **79**(1/2):278–283.
- Noren F. 2007. Small plastic particles in Coastal Swedish waters. KIMO report.
- Noren F, Naustvoll L. 2010. Survey of microscopic particles in Skagerrak. Pilot study October–November.
- Pariwono, J.I. 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI, Jakarta.
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., Li, D. 2017. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Env. Pollut.* **225**: 283–290.
- Pethick, J. 1992. An Introduction to Coastal Geomorphology, Edward Arnold, London, 260 p.
- Petrajani, F., Paul S., Terj. 2002. Newton dan Gravitasi. Jakarta: Erlangga.
- Plastics Europe. 2015. Plastics - the Facts 2015: an Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data [internet]. [diunduh 2019 Maret 3] http://www.plasticseurope.org/documents/document/2015_1216062602-plastics_the_facts_2015_final_30pages_14122015.pdf.
- Poerbondono dan Djunasjah, E. 2005. Survei Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung
- Pranowo, W.S. dan B. Realino. 2006. Sirkulasi Arus Vertikal di Selat Bali Pada Monsun Tenggara 2004. Balai Penelitian dan Observasi Laut. Jember

- Qiu, Q., Tan, Z., Wang, J., Peng, J., Li, M., Zhan, Z. 2016. Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **176**: 102–109
- Ridha, U., Muskananfolo, M.R., Hartoko, A. 2013. Analisa Sebaran Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) Berdasarkan Data Satelit Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a di Perairan Selat Bali. *J. Maquares.* **2** (4)
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., Teh, S., Thompson, R.C., 2013. Policy: classify plastic waste as hazardous. *Nature.* **494**: 169–171.
- Rositasari R., Indarto H. S., dan Marindah Y. I. 2017. Beban Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Kawal dan Galang Batang, dan Sebarannya di Pesisir Kecamatan Gunung Kijang, Kabupaten Bintan Timur. **9** (2) : 685-694
- Ryan, P.G. 2008. Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and South-Western Indian Oceans. *Mar. Pollut. Bull.* **56**: 1406-1409.
- Sadri, S.S., Thompson, R.C. 2014. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Mar. Pollut. Bull.* **81**: 55–60.
- Saroso. 2011. Teori Pasang Surut. Jakarta: Dinas Hidro Oseanografi TNI AL.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B., Kadarisman, H.P. 2010. Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Prog. Oceanogr.* **87**: 168–174.
- Simatupang, C. M. 2016. Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal.* **8**(1): 15-24
- Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., Rani, M., Lee, J., Shim, W.J. 2015. A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar. Pollut. Bull.* **931**(2): 202–209
- Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D, 2016. Microplastics in Taihu Lake, China. *Environ. Pollut.* **216** : 711–719.
- Sudarto, Wilhelmina P., Adrie A. T. 2013. Kondisi Arus Permukaan di Perairan Pantai: Pengamatan dengan Metode Lagrangian. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* **1**(3): 98-102
- Thompson, R.C., Olsen, Y. Mitchell, R.P. Davis, A. Rowland, S.J. John, A.W. McGonigle, D. Russell, A.E., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Sci.* **304**: 838–838.
- Thompson, R.C. 2006. Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. In: Krause, J.C., Nordheim, H., Bräger, S. (Eds.), *Marine*

- Nature Conservation in Europe. *Federal Agency for Nature Conservation, Stralsund, Germany*, pp. 107–115.
- UNEP, 2016. Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi (Retrieved from). http://ec.europa.eu/environment/marine/goodenvironmental-status/descriptor10/pdf/Marine_plastic_debris_and_microplastic_technical_report_advance_copy.pdf.
- Vaughan R., Simon D. Turner, Neil L R.2017. Microplastics in the sediments of a UK urban lake.Environmental Change Research Centre, Department of Geography, University College London, UK
- Vinello A, Boldrin A, Guerrieri P, Moschino V, Rella R, Sturaro A, Da Ros L. 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. Venice: CNR. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **130** : 54-61.
- Victoria, A.V., 2017.Kontaminasi Mikroplastik di Perairan Tawar. Bandung. Institut Teknologi. Bandung.
- Wahjudi, D. 2007. Power dari Uji Kenormalan Data.Tesis. Diakses pada tanggal 3 Mei 2014. Faculty e-Portfolio Universitas Kristen Petra (fportfolio.petra.ac.id)
- Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z., Wang, J.2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of The Total Environment*. **575**: 1369–1374.
- Welly J., Fitri R., Teti K.2012. Pemodelan Dua Dimensi Hidrodinamika Untuk Mengestimasi Potensi Energi Arus Laut Di Selat Sunda, Selat Bali Dan Selat Sape. *Jurnal Sumber Daya Air*. **8** (1) : 15-26
- Wessel, C. C., Lockridge, G. R., Battiste, D., Cebrian, J.2016. Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*. **109**(1): 178–183.
- Wright SL, Thompson RC, Galloway T.S.2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut*. **178**: 483–492.
- Yona D., Syarifah H. J. S., Feni I., Syamsul B., Wulan C. A.2019.Microplastics in the surface sediments from the eastern waters of Java Sea, Indonesia. F1000Research 2019
- Zhang, 2017. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Env. Pollut*. **231** : 541–548.
- Zhao S, Zhu L, Wang T, Li D. 2014. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary system, China: first observations on occurrence, distribution. *Mar. Pollut. Bull*. **86** (1): 562-568.

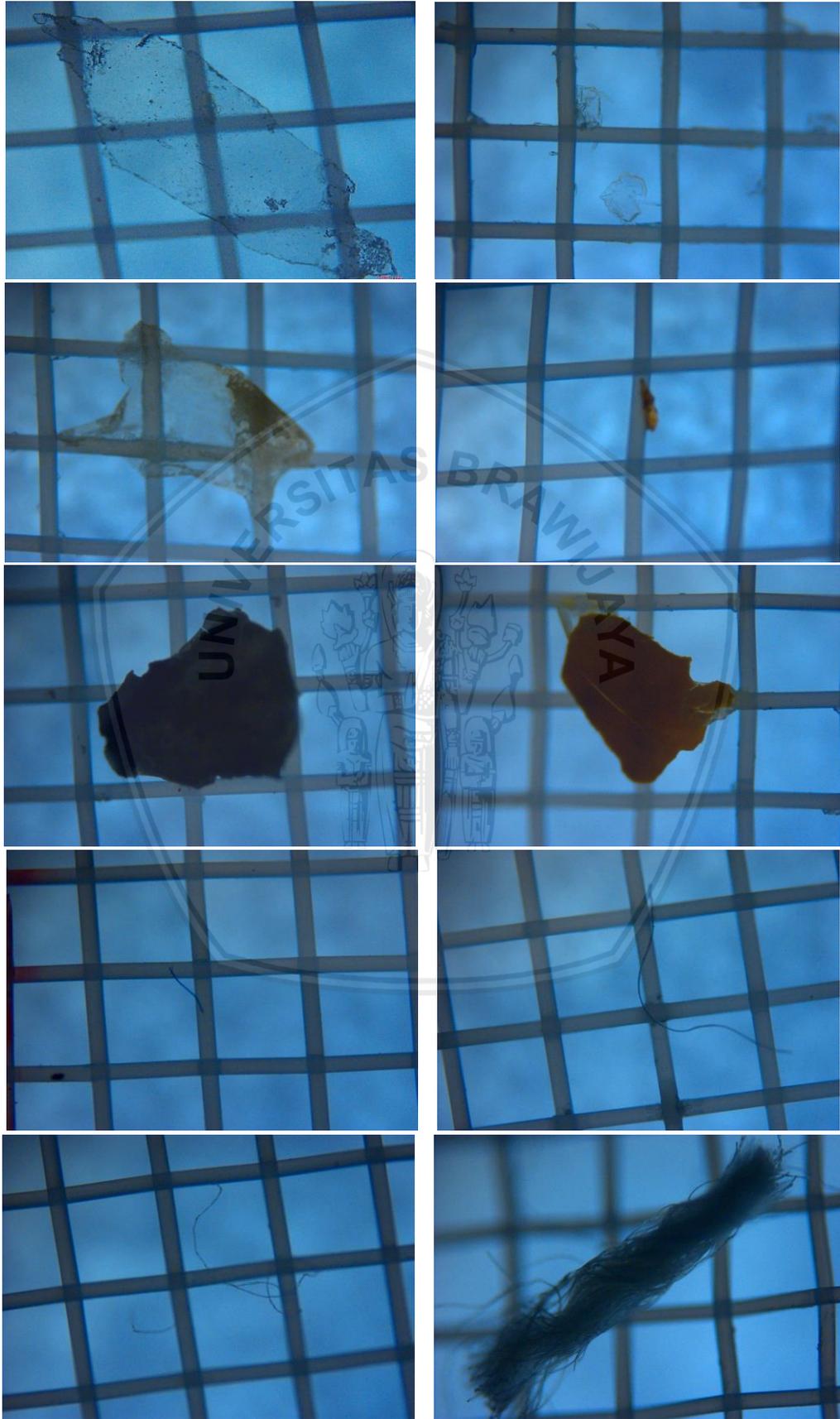
LAMPIRAN

Lampiran 1. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan pada lokasi penelitian

Kondisi	Lokasi	Waktu	Kelimpahan Jenis Mikroplastik (partikel m^{-3})			Total
			Fiber	Fragmen	Film	
Pasang purnama	Stasiun 1	12.11	190	70	70	330
	Stasiun 2	12.03	140	70	60	270
	Stasiun 3	11.52	190	30	40	260
	Stasiun 4	11.41	130	60	70	260
	Stasiun 5	11.23	310	30	50	390
	Stasiun 6	11.03	230	40	30	300
	Stasiun 7	10.47	130	130	110	370
	Stasiun 8	09.52	110	110	70	290
	Stasiun 9	09.40	190	30	30	250
	Stasiun 10	09.23	170	40	20	230
Pasang perbani	Stasiun 1	11.57	100	30	20	150
	Stasiun 2	11.48	110	20	30	160
	Stasiun 3	11.31	110	50	40	200
	Stasiun 4	11.15	150	40	30	220
	Stasiun 5	11.06	120	20	20	160
	Stasiun 6	10.45	80	10	30	120
	Stasiun 7	10.36	90	30	20	140
	Stasiun 8	09.27	160	50	30	240
	Stasiun 9	09.13	210	60	10	280
	Stasiun 10	08.57	160	30	0	190
TOTAL			3080	950	780	4810
Persentase (%)			64	20	16	100

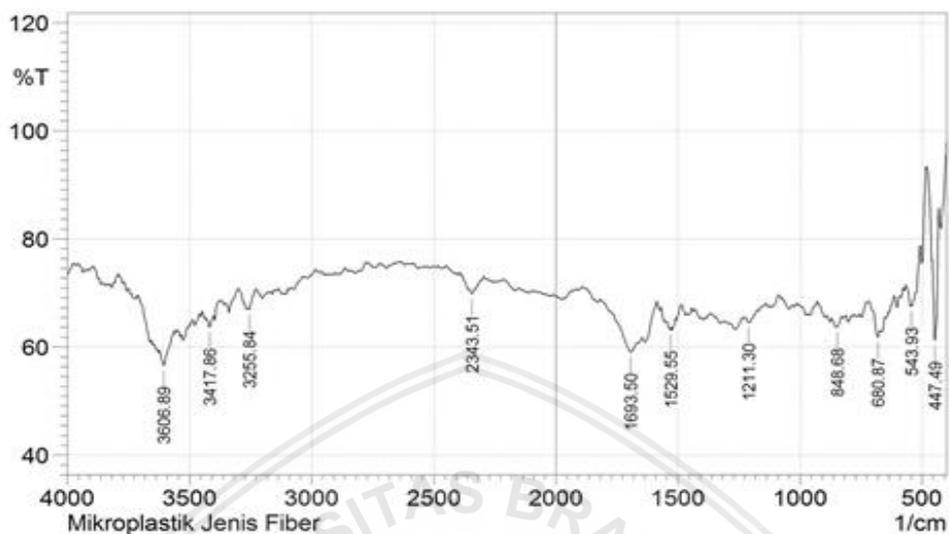


Lampiran 2. Mikroplastik yang teridentifikasi dari mikroskop

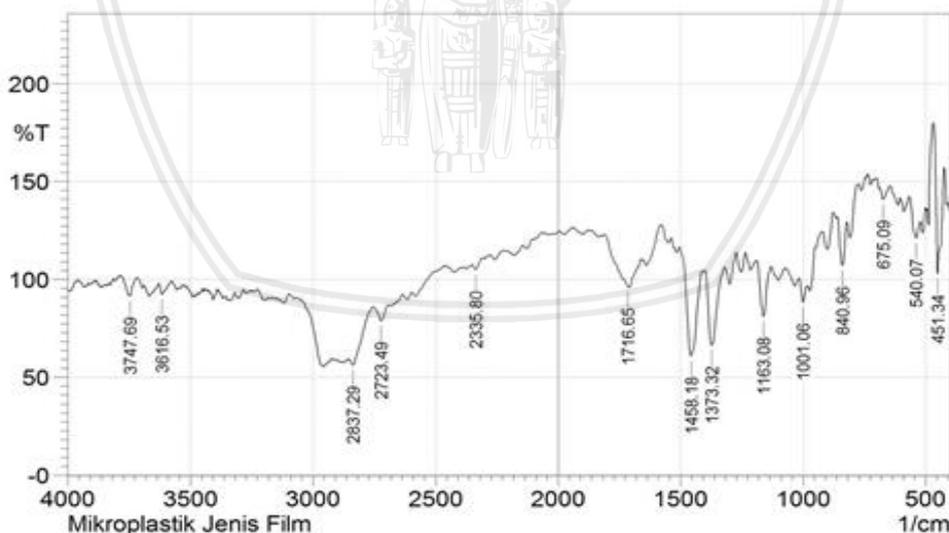


Lampiran 3. Hasil Uji FT-IR

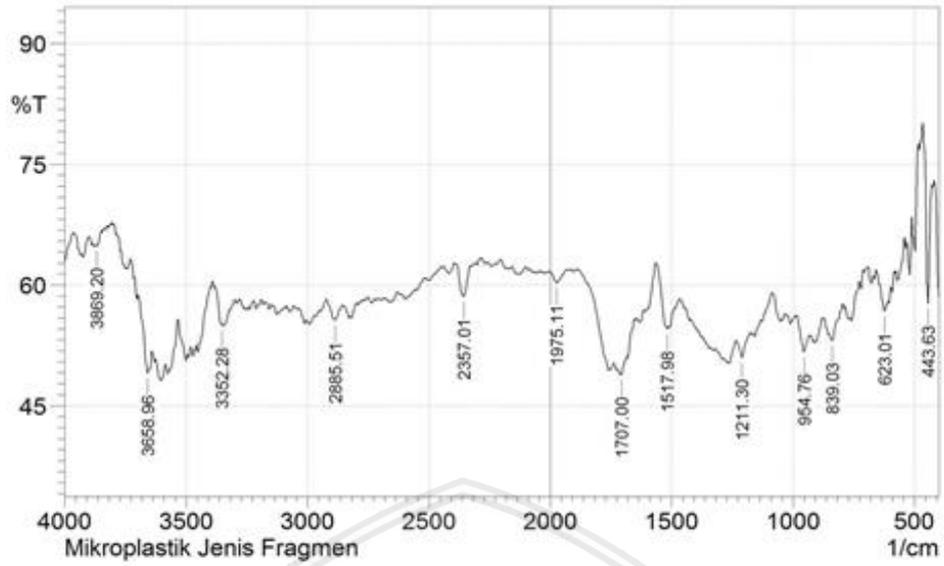
LABORATORIUM BERSAMA FMIPA
UNIV. UDAYANA



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	447.49	61.23	18.97	459.06	432.05	4.24	1.73
2	543.93	67.56	0.13	545.85	542	0.66	0
3	680.87	61.81	2.16	715.59	673.16	7.99	0.23
4	848.68	63.63	0.67	854.47	829.39	4.8	0.07
5	1211.3	64.56	0.25	1220.94	1207.44	2.54	0.01
6	1529.55	63.2	0.59	1548.91	1525.69	4.15	0.06
7	1693.5	59.01	1.33	1778.37	1683.86	19.16	0.21
8	2343.51	69.79	0.97	2355.08	2331.94	3.55	0.07
9	3255.84	66.86	0.88	3261.63	3226.91	5.65	0.03
10	3417.86	63.7	1.88	3431.36	3402.43	5.48	0.18
11	3606.89	56.6	3.7	3624.25	3572.17	12.02	0.74



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	451.34	102.86	67.1	470.63	426.27	-5.62	4.39
2	540.07	121.21	13.19	569	522.71	-5.08	1.08
3	675.09	140.95	5.91	688.59	646.15	-6.76	0.35
4	840.96	107.3	23.39	860.25	821.68	-2.68	1.8
5	1001.06	88.38	10.16	1016.49	987.55	0.87	0.7
6	1163.08	81.17	27.09	1190.08	1132.21	1.28	3.25
7	1373.32	66.43	38.73	1402.25	1321.24	5.1	6.95
8	1458.18	60.98	49.23	1506.41	1411.89	6.22	10.19
9	1716.65	96.35	1.06	1734.01	1712.79	0.15	0.02
10	2335.8	105.01	3.99	2351.23	2312.65	-1.18	0.31
11	2723.49	79	7.45	2754.35	2694.56	4.89	1.11
12	2837.29	56.26	8.1	2856.58	2754.35	16.45	1.51
13	3616.53	92.41	5.95	3630.03	3576.02	1.03	0.72
14	3747.69	91.62	9.78	3786.27	3714.9	0.86	1.3

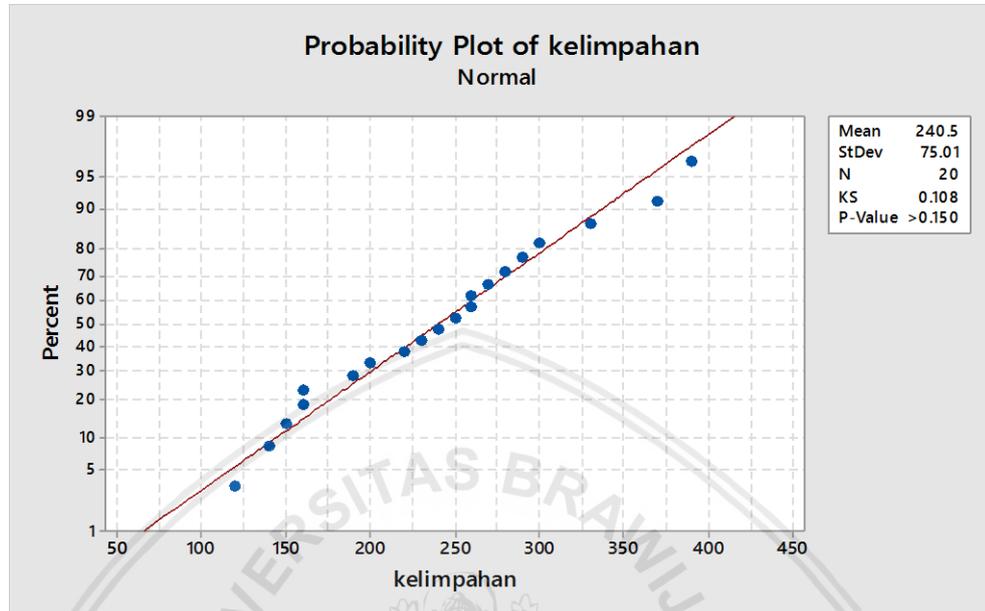


No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	443.63	57.72	17.593	466.77	430.13	6.005	1.683
2	623.01	56.748	1.504	644.22	615.29	6.858	0.192
3	839.03	53.092	1.594	850.61	794.67	14.48	0.295
4	954.76	51.705	3.055	983.7	933.55	13.692	0.647
5	1211.3	51.033	2.449	1232.51	1176.58	15.649	0.499
6	1517.98	54.538	0.933	1566.2	1514.12	12.257	0.204
7	1707	48.873	0.605	1712.79	1683.86	8.72	0.034
8	1975.11	60.296	1.466	2004.04	1934.6	14.873	0.353
9	2357.01	58.561	3.949	2385.95	2330.01	12.288	0.875
10	2885.51	55.637	2.192	2922.16	2856.58	16.147	0.569
11	3352.28	54.976	0.223	3358.07	3348.42	2.494	0.008
12	3658.96	49.069	4.858	3699.47	3641.6	15.964	1.034
13	3869.2	64.881	0.053	3873.06	3867.28	1.086	0.001

Date/Time: 2/27/2019 10:34:12 AM
 No. of Scans:
 Resolution:
 Apodization:
 User: PC

Lampiran 4. Hasil Uji Statistik

1. Perbandingan kelimpahan total mikroplastik pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani



Paired T-Test and CI: Purnama, Perbani

Paired T for Purnama - Perbani

	N	Mean	StDev	SE Mean
Purnama	10	295.0	53.0	16.7
Perbani	10	186.0	49.7	15.7
Difference	10	109.0	90.7	28.7

95% CI for mean difference: (44.1, 173.9)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = 3.80 P-Value = 0.004

2. Perbandingan kelimpahan jenis mikroplastik pada waktu pasang purnama dengan pasang perbani

Paired T-Test and CI: Purnama, Perbani

Paired T for Purnama - Perbani

	N	Mean	StDev	SE Mean
Purnama	30	98.3	71.1	13.0
Perbani	30	62.0	54.4	9.9
Difference	30	36.33	51.29	9.36

95% CI for mean difference: (17.18, 55.49)

T-Test of mean difference = 0 (vs ≠ 0): T-Value = 3.88 P-Value = 0.001

Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan Sampling



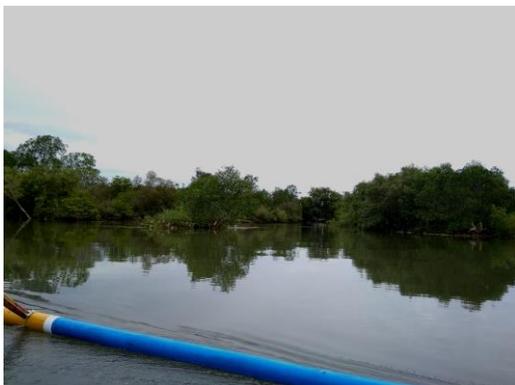
Kondisi cuaca sampling 1



Kondisi cuaca sampling 2



Kondisi sampah di Muara



Stasiun 1



Stasiun 2



Stasiun 3



Stasiun 4



Stasiun 5



Stasiun 6



Stasiun 7



Stasiun 8



Stasiun 9



Stasiun 10