

**PEMODELAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DI PERAIRAN  
PULAU LUSI, KECAMATAN JABON, SIDOARJO**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh:**

**PUTRA BAHTIAR MAULANA**

**H94218050**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL**

**SURABAYA**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putra Bahtiar Maulana

NIM : H94218050

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan karya ilmiah atau skripsi saya berjudul : PEMODELAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DI PERAIRAN PULAU LUSI, KECAMATAN JABON, SIDOARJO. Apabila jika saya terbukti pada waktu tertentu melakukan plagiat dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi yang telah ditetapkan dan sanksi yang diberikan kepada saya. Demikian pernyataan keaslian yang saya buat sebenar-benarnya.

Surabaya, 03 Januari 2022

Penulis pernyataan



Putra Bahtiar Maulana

NIM.H94218050

## HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh :

NAMA : PUTRA BAHTIAR MAULANA

NIM : H94218050

JUDUL : PEMODELAN POLA DISTIRBUSI MIKROPLASTIK DI  
PERAIRAN PULAU LUSI, KECAMATAN JABON,  
SIDOARJO

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 03 Januari 2022

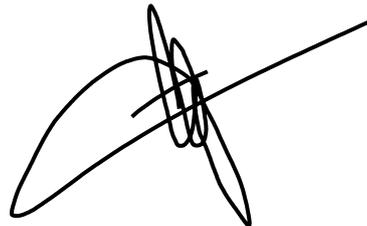
Dosen Pembimbing 1



Mauludiyah, M.T

NUP.201409003

Dosen Pembimbing 2



Wiga Alif Violando, M. P

NIP.19920329219031012

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

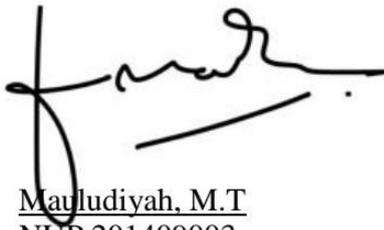
Skripsi Putra Bahtiar Maulana ini telah dipertahankan

di depan tim penguji skripsi

Surabaya, 2 Februari 2022

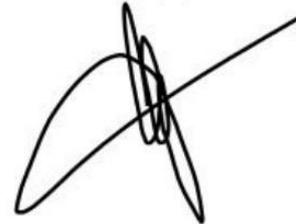
Mengesahkan, Dewan Penguji,

Penguji I



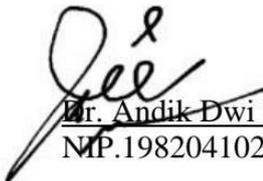
Mauludiyah, M.T  
NUP.201409003

Penguji II



Wiga Alif Violando, M  
NIP.19920329219031012

Penguji III



Dr. Andik Dwi Muttaqin, M.T  
NIP.198204102014031001

Penguji i



Ari Sawiji, M.T  
NIP.198706262014032003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Prof. Dr. Hj. Esi Fatmatur Rusydiyah, M.Ag  
NIP. 197312272005012003



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpustakaan@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Putra Bahtiar Maulana  
NIM : H94218050  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Ilmu Kelautan  
E-mail address : Putrabahtiar22@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMODELAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DI PERAIRAN PULAU LUSI,

KECAMATAN JABON, SIDOARJO

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 11 Februari 2022

Penulis

( Putra Bahtiar Maulana )

## ABSTRAK

### PEMODELAN POLA DISTRIBUSI MIKROPLASTIK DI PERAIRAN PULAU LUSI, KECAMATAN JABON, SIDOARJO

Oleh :

Putra Bahtiar Maulana

Aliran sungai Kali Porong merupakan jalur sungai yang menuju ke perairan Pulau Lusi. Limbah mikroplastik yang terkandung di dalam aliran sungai akan terbawa hingga ke perairan Pulau Lusi. Pola distribusi mikroplastik dari aliran sungai menuju muara dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika. Wilayah di sekitar perairan Pulau Lusi terdapat tambak dengan sistem *silvofishery*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kelimpahan mikroplastik dan pola distribusi mikroplastik dari aliran sungai ke Perairan Pulau Lusi. Metode yang digunakan untuk analisis laboratorium yaitu menggunakan larutan  $H_2O_2$ ,  $FeSO_4$ ,  $NaCl$ , aquades, dan kertas saring *whatmann*. Data hidrodinamika diolah menggunakan ms excel dan diinput ke dalam Mike 21 untuk dilakukan pemodelan. Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan sepanjang aliran sungai Kali Porong sampai perairan Pulau Lusi, pintu masuk air, penyebrangan perahu 1, penyebrangan perahu 2, dan perairan Pulau Lusi masing-masing ditemukan 1354 partikel/ $m^3$ , 1138 partikel/ $m^3$ , 957 partikel/ $m^3$ , 1410 partikel/ $m^3$ . Jika dilihat dari jenis mikroplastik maka persentase mikroplastik jenis film 72%, jenis mikroplastik fragmen 22%, jenis mikroplastik fiber 5%, dan jenis mikroplastik 1%. Hasil dari pemodelan Musim Timur bahwa pola distribusi tersebut lebih mengarah ke wilayah timur hingga bagian tenggara dengan kecepatan arus 0,04 m/s – 0,24 m/s dan pada musim peralihan II pola distribusi mikroplastik cenderung mengarah dari arah timur menuju ke barat daya dengan kecepatan arus sekitar 0,015m/s – 0,21m/s. Wilayah tambak yang berpotensi terkena dampak dari distirbusi mikroplastik tersebut berada di bagian timur, tenggara, dan barat daya dari perairan Pulau Lusi.

**Kata kunci** : Kelimpahan mikroplastik, *Silvofishery*, Pemodelan mikroplastik.

## ABSTRACT

### **Modelling Microplastics Distribution Patterns in the Water Lusi Island, Jabon District, Sidoarjo.**

By :

Putra Bahtiar Maulana

The river Kali Porong is the river leading to the waters of the Lusi Island. The microplastic waste contained in the river streams would be carried into the waters of the Lusi Island. Microplastic distribution patterns from streams to estuary are affected by hydrodynamic factors. The region around the waters of the isle is surrounded by silvofishery systems ponds. The purpose of the study is to know the value of microplastic abundance and microplastic distribution patterns from streams to the waters of the isle. The method used for laboratory analysis is the solution of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FeSO<sub>4</sub>, NaCl, aquades, and Whatmann papers. Hydrodynamic data are prepared using Microsoft Excel and input into Mike 21 for modeling. An abundance of microplastic found along the channel of the river Porong to the waters of the Lusi Island, the entrance of the water, the crossing of boat 1, the crossing of boat 2, and the coastal waters of the island were found 1354 particles /m<sup>3</sup>, 1138 particles /m<sup>3</sup>, 957 particles /m<sup>3</sup>, 1410 particles /m<sup>3</sup>. When viewed by the type of microplastic, the percentage of the microplastic film is 72%, the type of microplastic fragment is 22%, the type of microplastic fiber 5%, and the type of microplastic 1%. The result of eastern season modeling is that the distribution pattern leads to the eastern region to the southeastern region at the rate of 0.04 m/s-0.24 m/s, and in the transition of the second, a microplastic distribution pattern tends to head east toward the southwest at the rate of 0.015m/s-0.21m /s. The areas of the ponds are potentially affected by the microplastic diffusion are in the east, southeast, and southwest of the island waters of Lusi.

**Keyword** : Abundance micro-plastic, *Silvofishery*, Modelling micro-plastic pattern

## DAFTAR ISI

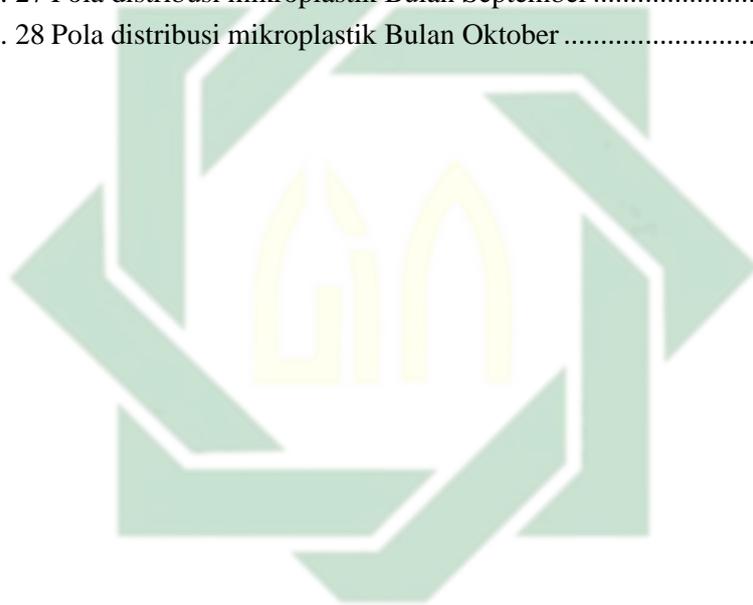
|   |     |
|---|-----|
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....           | I   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                           | III |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                  | V   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                 | VI  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                               | VII |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                            | IX  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                             | XI  |
| <b>BAB I</b> .....                                    | 1   |
| <b>PENDAHULUAN</b> .....                              | 1   |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                             | 3   |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                            | 3   |
| 1.4 Batasan Masalah.....                              | 4   |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                           | 4   |
| <b>BAB II</b> .....                                   | 5   |
| <b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                         | 5   |
| 2.1 Mikroplastik .....                                | 5   |
| 2.1.1 Proses Limbah Plastik Menjadi Mikroplastik..... | 6   |
| 2.1.2 Bentuk dan Jenis Mikroplastik.....              | 7   |
| 2.1.3 Pencemaran Mikroplastik.....                    | 8   |
| 2.2 Mikroplastik Pada Sedimen.....                    | 9   |
| 2.3 Arus dan Pasang Surut .....                       | 11  |
| 2.4 Angin .....                                       | 13  |
| 2.5 Kali Porong dan Pulau Lusi.....                   | 14  |
| 2.6 Software MIKE 21 .....                            | 15  |
| 2.7 Penelitian Terdahulu.....                         | 18  |
| <b>BAB III</b> .....                                  | 21  |
| <b>METODE PENELITIAN</b> .....                        | 21  |

|                                   |                                       |           |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| 3.1                               | Tempat dan Waktu Penelitian .....     | 21        |
| 3.2                               | Alat dan Bahan .....                  | 23        |
| 3.3                               | Alur Penelitian.....                  | 24        |
| 3.3.1                             | Survei Pendahuluan.....               | 26        |
| 3.3.2                             | Pengumpulan Data .....                | 27        |
| 3.3.3                             | Pengolahan Data Sekunder .....        | 28        |
| 3.3.4                             | Pengolahan Data Primer.....           | 37        |
| 3.4                               | Analisa.....                          | 38        |
| <b>BAB IV .....</b>               |                                       | <b>40</b> |
| <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |                                       | <b>40</b> |
| 4.1                               | Mikroplastik Perairan Pulau Lusi..... | 40        |
| 4.1.1                             | Kelimpahan Mikroplastik.....          | 40        |
| 4.2                               | Faktor Hidrodinamika .....            | 48        |
| 4.2.1                             | Batimetri.....                        | 48        |
| 4.2.2                             | Angin.....                            | 50        |
| 4.2.3                             | Arus.....                             | 59        |
| 4.2.4                             | Pasang Surut.....                     | 65        |
| 4.3                               | Pemodelan Mikroplastik.....           | 67        |
| 4.3.1                             | Musim Timur .....                     | 70        |
| 4.3.2                             | Musim Peralihan II.....               | 74        |
| <b>BAB V.....</b>                 |                                       | <b>79</b> |
| <b>PENUTUP.....</b>               |                                       | <b>79</b> |
| 5.1                               | Kesimpulan.....                       | 79        |
| 5.2                               | Saran.....                            | 80        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>       |                                       | <b>81</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>              |                                       | <b>91</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Susunan polimer.....  | 6  |
| Gambar 2. 2 Susunan molekul plastik pada kantong plastik.....           | 7  |
| Gambar 2. 3 (a) Jenis film, (b) fiber, (c) fragmen.....                 | 7  |
| Gambar 2. 4. Dampak limbah plastik kepada biota .....                   | 9  |
| Gambar 2. 5 Windrose .....  | 14 |
| Gambar 2. 6 a. Pulau Lusi dan b. Perairan Pulau Lusi.....               | 15 |
| Gambar 3. 1 Peta lokasi penelitian.....                                 | 22 |
| Gambar 3. 2 Alur penelitian.....  | 25 |
| Gambar 3. 3 Sungai Kali Porong .....                                    | 26 |
| Gambar 3. 4 Pengambilan sampel mikroplastik .....                       | 27 |
| Gambar 3. 5 Proses pengolahan data mika .....                           | 31 |
| Gambar 3. 6 Pilih modul dengan time series .....                        | 31 |
| Gambar 3. 7 Blank time series.....                                      | 31 |
| Gambar 3. 8 Masukan data .....  | 32 |
| Gambar 3. 9 Data hasil sebelum pemodelan.....                           | 32 |
| Gambar 3. 10 Flow Model FM 21 .....                                     | 33 |
| Gambar 3. 11 Data mesh peta penelitian wilayah.....                     | 33 |
| Gambar 3. 12 Peta wilayah penelitian untuk pemodelan.....               | 34 |
| Gambar 3. 13 Input waktu penelitian.....                                | 34 |
| Gambar 3. 14 Input modul PTM.....                                       | 34 |
| Gambar 3. 15 Input data angin.....                                      | 35 |
| Gambar 3. 16 Input data pasang surut.....                               | 35 |
| Gambar 3. 17 Output disesuaikan hasil input data sebelum pemodelan..... | 36 |
| Gambar 3. 18 Input data sebelum pemodelan.....                          | 36 |
| Gambar 3. 19 Model dijalankan.....                                      | 37 |
| Gambar 3. 20 Hasil pemodelan.....                                       | 37 |
| Gambar 4. 1 Grafik jenis mikroplastik.....                              | 40 |
| Gambar 4. 2 Komposisi persentase mikroplastik.....                      | 41 |
| Gambar 4. 3 Mikroplastik jenis film.....                                | 42 |
| Gambar 4. 4 Jenis mikroplastik fragmen .....                            | 43 |
| Gambar 4. 5 Jenis mikroplastik fiber .....                              | 44 |
| Gambar 4. 6 Jenis mikroplastik granule.....                             | 45 |
| Gambar 4. 7 Grafik kelimpahan mikroplastik.....                         | 46 |
| Gambar 4. 8 Batimetri sungai kali Porong hingga perairan Lusi.....      | 49 |
| Gambar 4. 9 Windrose Bulan Juli.....                                    | 51 |
| Gambar 4. 10 Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas.....        | 51 |
| Gambar 4. 11 Windrose Bulan Agustus.....                                | 53 |
| Gambar 4. 12 Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas.....        | 54 |
| Gambar 4. 13 Windrose Bulan September.....                              | 55 |
| Gambar 4. 14 Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas.....        | 56 |

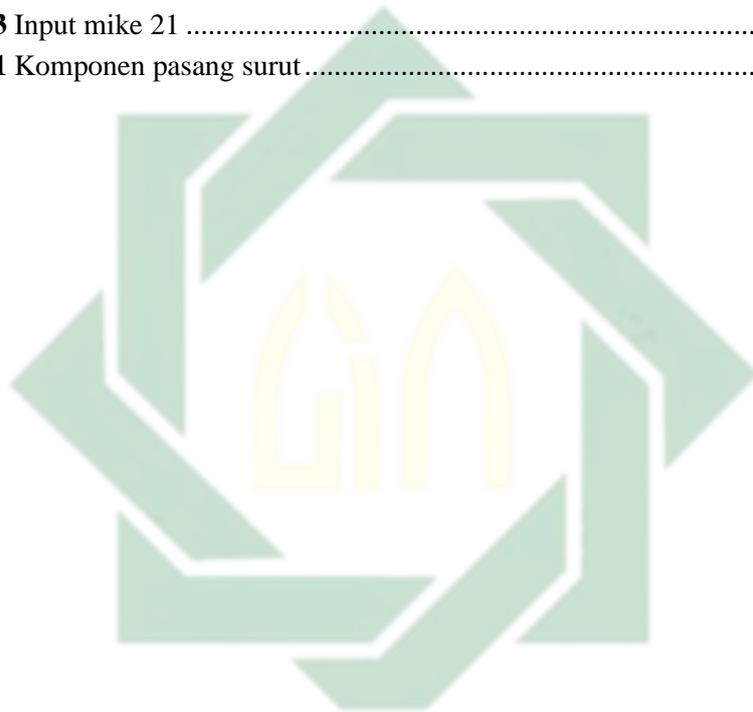
|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 15 Windrose Bulan Oktober.....                          | 57 |
| Gambar 4. 16 Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas ..... | 58 |
| Gambar 4. 17 Kecepatan arus pada Bulan Juli .....                 | 60 |
| Gambar 4. 18 Kecepatan arus pada Bulan Agustus .....              | 61 |
| Gambar 4. 19 Kecepatan arus pada Bulan September .....            | 63 |
| Gambar 4. 20 Kecepatan arus pada Bulan Oktober .....              | 64 |
| Gambar 4. 21 Grafik pasang surut perairan pulau Lusi .....        | 66 |
| Gambar 4. 22 Peta wilayah silvofishery .....                      | 68 |
| Gambar 4. 23 Pemodelan pasang surut tertinggi .....               | 69 |
| Gambar 4. 24 Model pasang surut tertinggi.....                    | 69 |
| Gambar 4. 25 Pola distribusi mikroplastik Bulan Juli .....        | 71 |
| Gambar 4. 26 Pola distribusi mikroplastik Bulan Agustus .....     | 73 |
| Gambar 4. 27 Pola distribusi mikroplastik Bulan September .....   | 75 |
| Gambar 4. 28 Pola distribusi mikroplastik Bulan Oktober .....     | 76 |



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Jenis Mikroplastik dan kerapatan jenis .....                          | 8  |
| <b>Tabel 2. 2</b> Konsentrasi mikroplastik pada sedimen di berbagai wilayah dunia ..... | 10 |
| <b>Tabel 2. 3</b> Penelitian Terdahulu .....  | 18 |
| <b>Tabel 3. 1</b> Alat-alat penelitian .....  | 23 |
| <b>Tabel 3. 2</b> Bahan-bahan penelitian .....  | 24 |
| <b>Tabel 3. 3</b> Input mika 21 .....   | 30 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Komponen pasang surut .....   | 66 |



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Menurut GESAMP (2015) lingkungan laut di seluruh dunia sudah terkontaminasi oleh limbah plastik tidak terkecuali sama sekali. Plastik umumnya ditemukan dalam bentuk besar. Plastik menjadi beberapa bagian hingga memiliki ukuran mikro bahkan nano plastik dengan ukuran dari 5 mm (Thevenon *et al.*, 2014). Laporan tersebut pada mulanya didukung dengan bukti bahwa sampah terutama plastik dibuang ke dalam aliran sungai yang akan menuju ke laut.

Pada tahun 2014 berdasarkan temuan dari artikel yang dikemukakan oleh Seville *et al* (2015) bahwa akumulasi dari partikel limbah mikroplastik sebesar  $15 - 50 \cdot 10^{12}$  dengan berat  $93 - 236 \cdot 10^3$  ton di seluruh dunia. Hasil laporan total limbah makro dan mikro plastik di laut lebih tinggi dibandingkan dengan daratan (Jambeck *et al*, 2015) dan (Boucher & Friot, 2017).

Aktivitas manusia yang berada di dekat sungai membuat sampah organik maupun organik akhirnya dibuang ke sungai dan memberikan dampak pencemaran terhadap lingkungan (Rachmat, *et al.*, 2018). Sampah yang mengandung plastik yang telah terdegradasi akan menjadi sebuah serpihan kecil (mikroplastik) dan akan terdistribusi serta bergabung dengan komponen air dalam aliran sungai.

Aliran sungai Kali Porong yang berasal dari jalur Kali Brantas menuju ke laut melewati Pulau Lusi yang terdapat ekosistem mangrove. Limbah plastik yang berada di perairan tersebut berpotensi menyangkut dan mengendap di perairan dan sekitarnya wilayah tersebut. Aktivitas dari rumah tangga memiliki potensi terhadap pencemaran limbah plastik yang berada di perairan sungai dan berpotensi mencemari terhadap aktivitas tambak yang berada di sana menggunakan sistem pertukaran air dari air sungai.

Mikroplastik tersebut dapat membantu dalam mengetahui jejak atau *footprint* dengan pola distribusi mikroplastik dengan menggunakan software pemodelan. Maka, Limbah tersebut diperoleh dari aktivitas domestik maupun industri pada wilayah sekitar sungai dan dapat dilihat arah pergerakan limbah tersebut dengan karakteristik angin dan arus pada perairan sungai (Kusumawati, 2016) sepanjang menuju ke perairan Pulau Lusi sebagai salah satu wilayah akumulasi limbah mikroplastik tersebut.

Pencemaran mikroplastik adalah salah satu bentuk kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia yang telah tersirat dalam Q.S Ar-Rum (30) 41, dan Allah telah mengingatkan hamba-Nya supaya tetap bertindak bijak terhadap lingkungan. Sebagaimana ayat tersebut tersirat di bawah ini :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ - ٤١

Artinya : “ *Telah tampak kerusakan didarat dan dilaut di sebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)*”.

Maka dari itu manusia sebagai manusia berakal yang diciptakan oleh Allah SWT seharusnya memelihara, mengelolah dan menggunakan sesuai dengan kebijakan yang tegas sehingga dampak lingkungan yang diakibatkan tidak menimbulkan banyak masalah di muka bumi. Bahwa Allah SWT tidak suka sesuatu yang berlebihan sehingga dapat menyebabkan kerusakan bumi. Sebagai renungan maka sebaiknya dimulai dari diri sendiri untuk bijak terhadap apapun termasuk yang berhubungan dengan lingkungan. (Eriyanto, 2019)

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana kelimpahan mikroplastik dari aliran sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi?
2. Bagaimana pola distribusi limbah mikroplastik di Perairan Pulau Lusi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui kelimpahan mikroplastik dari sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi
2. Mengetahui pola distribusi mikroplastik di Perairan Pulau Lusi

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah sehingga mendapatkan analisa baik dan tidak melampaui data yang digunakan, yaitu

1. Penelitian ini dilakukan pada wilayah sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi.
2. Data yang digunakan yaitu data angin, pasang surut dan arus perairan Pulau Lusi dengan waktu 4 bulan pada musim timur hingga musim peralihan 2.
3. Menggunakan software pemodelan MIKE 21.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat pada penelitian ini untuk memberikan informasi terkait dengan pemodelan pola distribusi mikroplastik pada sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mikroplastik

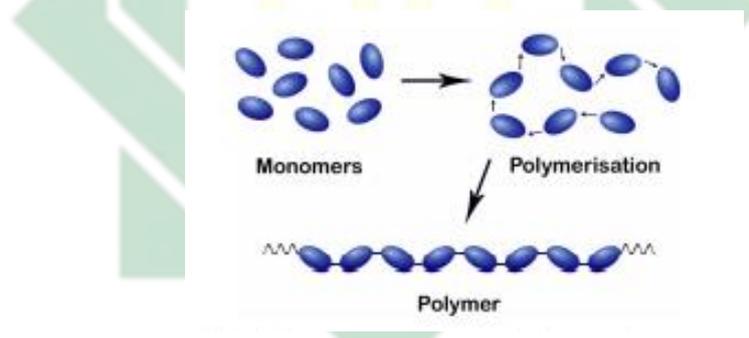
Bahan dasar dari penyusun plastik yaitu sebuah polimer yang telah disusun dengan suhu dan tekanan sesuai pembentuknya. Plastik juga terdapat tiga jenis kategori yaitu termoplastik, termosets, dan elastomer. Termoplastik adalah jenis plastik yang akan mengendur saat berada di suhu tinggi dan sebaliknya akan keras jika suhu tersebut turun, contoh termoplastik yaitu *polietilen (PE)*, *polipropilen (PP)*, *politetrafloro-etilen*, *poliamid (PA)*, *polivinil klorid (PVC)* dan *polistirin (PS)*. Termoset adalah jenis plastik yang ketika sudah menjadi bentuk akan susah di bentuk kembali, misalnya resin epoksi, *poliurettan (PU)*, resin *poliester*, bakalit. Sedangkan elastomer merupakan jenis plastik yang tersusun dari polimer yang elastis dan bisa dibentuk kembali seperti bentuk semula, contoh karet dan neopren (Widianarko & Hantoro, 2018)

Mikroplastik merupakan salah satu polutan atau limbah yang memiliki ukuran fragmen yang kecil. Limbah ini disebabkan adanya plastik yang menjadi beberapa bagian dan belum teruraikan secara sempurna, secara waktu membutuhkan waktu lama. Beberapa dekade ini mikroplastik telah menjadi permasalahan serius bagi lingkungan yang membawa dampak buruk. Mikroplastik memiliki ukuran rentang yang dimana dari ukuran <1 mm, <2 mm, <5 mm, <10 mm. Bagian-bagian

mikroplastik ini kemungkinan akan menjadi bagian lebih kecil yang hingga membutuhkan mikroskop dalam melihatnya (Cole, et al., 2011)

### 2.1.1 Proses Limbah Plastik Menjadi Mikroplastik

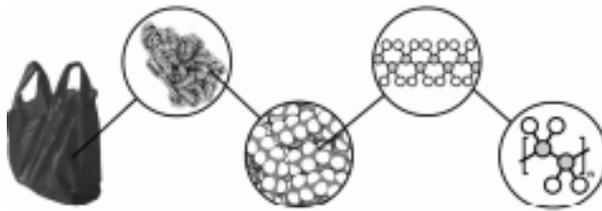
Polimer adalah suatu bentuk kesatuan dari monomer yang tersusun maka dari itu polimer tersusun dari kata *poly* (banyak) dan *meres* (bagian kecil). Molekul tersebut membentuk ikatan bersama dan menjadi kesatuan kemudian menjadi polimer. Bentuk tersebut membentuk rantai yang kokoh dari molekul satu ke molekul lainnya pada Gambar 2.1. Proses penyusunan monomer menjadi sebuah polimer yaitu disebut dengan polimerisasi.



**Gambar 2. 1** Susunan polimer

Sumber : (Crawford & Quinn, 2017)

Etilen atau monomer ini ketika membentuk polietilen maka akan menjadi sebuah plastik secara umumnya. Susunan tersebut merupakan susunan kompleks yang kemudian menjadi sebuah biji plastik maupun barang yang berasal dari plastik. Susunan polimer pada kantong plastik tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.

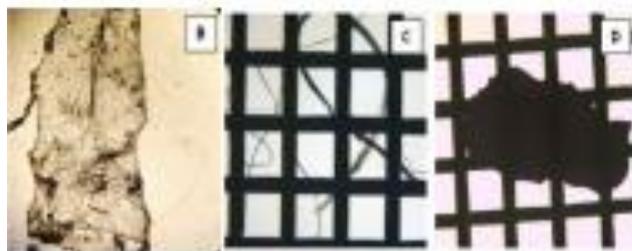


**Gambar 2. 2** Susunan molekul plastik pada kantong plastik

Pada umumnya mikroplastik tersebut terpecah dari susunan molekul yang kokoh menjadi molekul yang lebih ringan atau tunggal. Pada molekul tunggal mikroplastik ini tersebut bahkan jika terpecah kembali menjadi bagian lebih kecil.

### 2.1.2 Bentuk dan Jenis Mikroplastik

Mikroplastik memiliki karakteristik yang dapat diidentifikasi dari dari ukuran, warna, dan bentuk. Menurut bentuknya mikroplastik di bagi menjadi 3 bentuk yaitu fragmen, fiber, dan film yang dapat di lihat pada Gambar 2.3 (Mauludy, et al., 2019). Sedangkan menurut (Widianarko & Hantoro, 2018) bahwa bentuk mikroplastik terbagi menjadi 5 yaitu, fragmen, serat, manik-manik, busa, dan butiran.



**Gambar 2. 3** (a) Jenis film, (b) fiber, (c) fragmen

Sedangkan jenis mikroplastik yang sering ditemukan di berbagai wilayah dan memiliki nilai kerapatan jenis sesuai molekul

pembentuknya. Maka dapat dilihat jenis mikroplastik dan kerapatan jenis .

**Tabel 2. 1** Jenis Mikroplastik dan kerapatan jenis

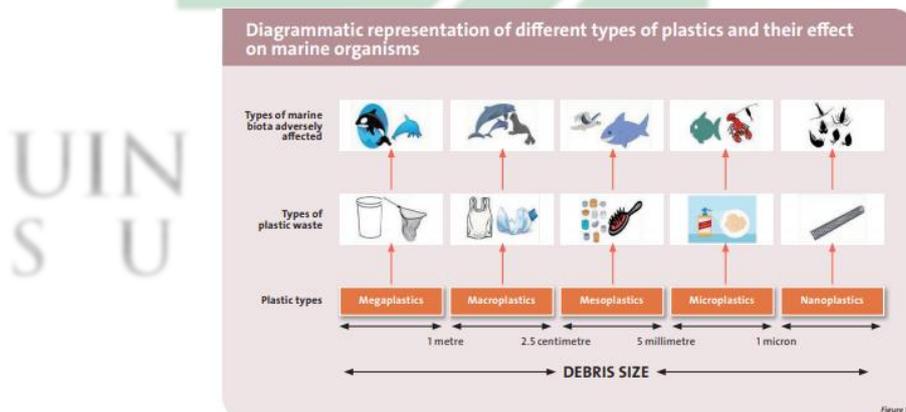
| Jenis mikroplastik         | Kerapatan jenis (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Polyethylene               | 0,917-0,965                          |
| Polypropylene              | 0,9-0,91                             |
| Polystyrene                | 1,04-1,1                             |
| Polyamidae (nilon)         | 1,02-1,05                            |
| Polyester                  | 1,24-2,3                             |
| akrilik                    | 1,09-1,2                             |
| Polyoximethylene           | 1,41-1,61                            |
| Polyvinyl chloride         | 1,19-1,31                            |
| Polyvinyl alcohol          | 1,16-1,58                            |
| Poly methylacrylate        | 1,17-1,2                             |
| Polyethylene terephthalate | 1,37-1,45                            |
| Alkid                      | 1,24-2,1                             |
| Polyurethane               | 1,2                                  |

Sumber : (Hidalgo-Ruz, et al., 2012)

### 2.1.3 Pencemaran Mikroplastik

Mikroplastik yang berada di lingkungan laut merupakan limbah yang telah di hasilkan oleh aktivitas manusia selama beberapa dekade. Mikroplastik ini menjadi permasalahan serius sebab limbah tersebut sudah mencapai ke lingkungan laut.

Pencemaran limbah mikroplastik ini akan membuat ekosistem lingkungan yang berada di wilayah laut mengalami kematian mendadak yang disebabkan penumpukan kandungan mikroplastik pada lingkungan laut. Bagian dari mikroplastik ini telah menjadi bagian tidak asing bagi biota laut maupun biota asosiasi pada mangrove, yang dimana bagian fragmen mikroplastik ini telah menjadi kesatuan dengan mikroorganisme sehingga hewan pada rantai makanan tingkat satu akan menjadi korban dari limbah mikroplastik ini. Mikroplastik ini sudah masuk ke dalam rantai makanan maupun jaring-jaring makanan diberbagai ekosistem lingkungan laut dapat dilihat pada gambar 2.4 (Chatterjee & Sharma, 2019). Salah satunya adalah ekosistem mangrove, ekosistem ini merupakan wilayah yang paling terdampak adanya mikroplastik tidak terkecuali biota asosiasi.



**Gambar 2. 4.** Dampak limbah plastik kepada biota

## 2.2 Mikroplastik Pada Sedimen

Penyebaran mikroplastik telah mencapai ketahap yang mengendap pada sedimen, sehingga sedimen atau bagian yang terkena dampak

lingkungan laut akan terpapar oleh limbah mikroplastik. Limbah mikroplastik ini telah mencapai dimana titik pengendapan yang tinggi pada suatu ekosistem yaitu ekosistem mangrove. Ekosistem ini merupakan salah satu tempat pertukaran air laut dan air sungai sehingga, terdapat kemungkinan besar limbah plastik yang teraduk di dalam air akan juga mengendap pada ekosistem mangrove. Terdapat beberapa karakteristik mikroplastik yang mempengaruhi terhadap kerapatan jenis sehingga bisa mengendap pada sedimen tabel 2.2 (Lassen, et al., 2015). Terhadap hasil dari berbagai negara yang yang dimana konsentrasi mikroplastik pada sedimen per kg.

**Tabel 2. 2** Konsentrasi mikroplastik pada sedimen di berbagai wilayah dunia

| Geographical area   | Cut off size / range of particle size | Abundance No. Plastic particle/kg dry sediment                           | Reference                           |
|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Danish coastal waters <ul style="list-style-type: none"> <li>• North sea &amp; Skagerrak</li> <li>• Kattegat</li> <li>• Belt Sea</li> <li>• Baltic Sea</li> </ul> | > 38 $\mu\text{m}$                    | 100 (75 – 268)<br>120 (60 – 195)<br>280 (280 – 1,090)<br>335 (145 – 543) | Strand <i>et al.</i> 2013           |
| Germany<br>East Frisian Islands   | > 1.2 $\mu\text{m}$                   | 210 plastic granules<br>461 plastic fibres                               | Liebezeit and Dubaish 2012          |
| Dutch coast <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rhine estuary</li> <li>• North Sea</li> <li>• Wadden Sea</li> </ul>  | > 1 $\mu\text{m}$                     | 3,305 $\pm$ 295<br>455 (390 – 520)<br>770                                | Leslie <i>et al.</i> 2013           |
| Belgian coast <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harbours</li> <li>• Continental shelf</li> <li>• Beaches</li> </ul>  | > 38 $\mu\text{m}$                    | 167 $\pm$ 92<br>97 $\pm$ 19<br>93 $\pm$ 37                               | Claessens <i>et al.</i> 2011        |
| Belgian beaches <ul style="list-style-type: none"> <li>• High-water mark</li> <li>• Low-water mark</li> </ul>   | 5 – 1,000 $\mu\text{m}$               | 17.6 $\pm$ 9.4<br>9.2 $\pm$ 5.0  | Van Cauwenberghe <i>et al.</i> 2013 |
| Lagoon of Venice  | 32 – 1,000 $\mu\text{m}$              | 1,445 $\pm$ 458  | Vianello <i>et al.</i> 2013         |

Sumber : (Lassen, et al., 2015)

### 2.3 Arus dan Pasang Surut

Arus merupakan salah satu parameter fisik yang berada dilaut maupun disungai yang terhubung satu sama lainnya. Arus tersebut memiliki fungsi yaitu sebagai pengaduk nutrien maupun komposisi atau material pada perairan menjadi merata dan arus dibangkitkan oleh beberapa faktor seperti angin, tekanan atau densitas pada perairan. arus juga dapat bergerak dengan arah horizontal maupun vertikal sehingga massa air mencapai keseimbangan. Terdapat faktor juga yang bisa membangkitkan arus seperti gravitasi, bentuk dasar perairan, dan debit air masuk ke dalam perairan (Simatupang, et al., 2016). Arus juga memiliki peranan sangat penting dalam sebuah perairan dalam dinamika yang membuat perubahan pada wilayah disekitar perairan. arus juga dapat disebabkan oleh terjadinya pasang surut pada perairan. Pada sungai juga memiliki arus akan tetapi tidak secepat/cepat pada arus laut. Faktor arus pada sungai dipengaruhi terhadap topografi dasar sungai dan jalur aliran sungai menuju ke muara (Agustini, et al., 2013).

Pasang surut juga dipengaruhi terhadap aktivitas astronomi, terjadinya gaya tarik yang terjadi pada benda-benda langit seperti matahari dan bulan terhadap laut permukaan. Gaya tersebut memiliki langsung dampak terhadap benda bumi seperti laut yang membangkitkan gaya gerak air laut sebesar 2,2 kali lebih besar dari pergerakan gaya tarik bulan dibanding matahari (Triatmodjo,1999) dalam (Fadilah, et al., 2014). Faktor lain dari pengaruh terjadinya pasang surut yaitu seperti morfologi perairan pada suatu daerah dan morfologi dasar perairan. Pergerakan

pasang surut pada suatu perairan terjadi ketika berada diwilayah perairan pantai maupun estuari, maka akan mempengaruhi terhadap kandungan perairan seperti kandungan bahan organik dan non organik (termasuk mikroplastik).

Tipe-tipe pasang surut juga ditentukan oleh frekuensi muka air pada suatu wilayah yang memiliki tipe pasang surut berbeda tergantung terhadap jenis pasang dan surut yang terjadi. Tipe pasang surut ketika terjadi hanya satu kali akan disebut dengan pasang surut harian tunggal (*diurnal tides*), jika tipe pasang surut terjadi dua kali dalam sehari maka disebut dengan harian ganda (*semi diurnal tides*), sedangkan tipe pasang terjadi 2 kali dan surutnya 1 kali maka disebut dengan campuran (*mixed tides*). Tipe pasang surut campuran bisa digolongkan menjadi campuran ganda atau tunggal tergantung kepada grafik data pada suatu wilayah, dan unsur tersebut berdasarkan bilangan Fromzahl (Suhaemi & Raharjo, 2018). Bilangan formzahl memiliki persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{A(O1)+A(K1)}{A(M2)+A(S2)}$$

Keterangan :

- O1 = Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan
- K1 = Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh bulan dan matahari
- M2 = Konstanta harmonik dipengaruhi kondisi tempat bulan
- S2 = Konstanta harmonik dipengaruhi kondisi tempat matahari

(Suhaemi & Raharjo, 2018)

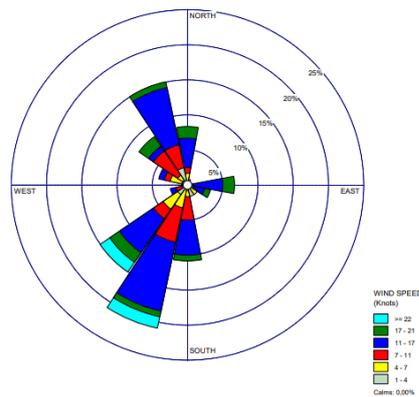
Nilai konstanta pada pasang surut dapat di klasifikasikan seperti dibawah ini :

1. Pasang surut harian ganda  $F \leq 0,25$
2. Pasang surut campuran ganda  $0,25 < F \leq 1,5$
3. Pasang Surut campuran tunggal  $1,5 < F \leq 3$
4. Pasang surut harian tunggal  $F > 3$

(Musrifin, 2012)

#### **2.4 Angin**

Angin merupakan salah faktor dan unsur meteorologi yang berada diberbagai wilayah didaratan maupun dilaut. Angin juga akan mempengaruhi terhadap kondisi lingkungan sekitarnya seperti perubahan gerakan maupun menimbulkan pergerakan pada suatu benda. Salah satunya pada perairan sungai, ketika angin berhembus akan mengakibatkan pergerakan air pada permukaan atau disebut dengan ria-ria air. Pergerakan ini akan membuat kondisi air secara tidak langsung akan mengaduk pada bagian atas dan komponen-komponen yang berada didalam akan bergerak. (Fadholi, 2013). Persebaran arah angin pada suatu daerah dapat dilihat melalui windrose atau mawar angin gambar 2.5.



**Gambar 2. 5** Windrose

## **2.5 Kali Porong dan Pulau Lusi**

Kali porong merupakan salah satu sungai yang berada dibagian perbatasan Kabupaten Sidoarjo dan Pasuruan. Bagian hilir pada sungai Kali Porong berada dikali Brantas yang berada di bagian Kabupaten Mojokerto, terdapat sungai kali Sadar dan kali Kambing sebagai jalur masuk ke wilayah sungai tersebut. Sungai Kali Porong memiliki peranan terhadap pengurangan resiko banjir pada wilayah disekitar sebab memiliki lebar 1 meter dilihat dari pintu masuk air sungai pada (Gambar 2.6 b) (Jawa Pos, 2017). Selain itu jalur panjang pada sungai Kali Porong 51 km. Aliran debit sungai juga diatur oleh DAM Lengkong Baru sebelum menuju ke muara. Pada tahun 2006 merupakan terjadi sebuah kecelakaan kerja yang menyebabkan wilayah sekitar Desa Renokenongo tenggelam adanya semburan lumpur panas. Lumpur tersebut di lakukan pembuangan dengan mengalirkan ke sungai Kali Porong sehingga sedimentasi dari lumpur tersebut mengalir hingga membuat sebuah pulau baru dan wilayah disekitarnya mengalami proses penumpukan sedimentasi yang tinggi

(Riyadi, et al., 2009). Hasil dari dampak tersebut membuat endapan yang menimbulkan pulau buatan atau di sebut pulau Lusi (Gambar 2.6 a)



A

B

**Gambar 2. 6** a. Pulau Lusi dan b. Perairan Pulau Lusi

## 2.6 Software MIKE 21

Pemodelan dengan menggunakan software Mike 21 dapat memberikan manfaat terhadap model untuk kegiatan penelitian seperti arus permukaan laut, perubahan garis pantai, dan pencemaran perairan dan pantai. Aplikasi yang berbasis numerik tersebut umumnya digunakan pemodelan sebab dengan fitur-fitur pendukung yang bisa memodelkan arus, gelombang, transport sedimen yang berada diperairan sungai maupun laut (Hiwati & Subiyanto, 2020).

Pemodelan mike menggunakan persamaan Navier-Stokes dengan rata-rata rumus Reynold. Asumsi persamaan tersebut menggunakan Boussinesq dan tekanan hidrostatik. Pemodelan pada mike juga terdapat persamaan momentum dan kontinu yang dimana bias terintegrasi oleh morfologi dasar perairan dan pengaruh hidrodinamika pada perairan (Bai,

et al., 2021). Pemodelan pada penelitian menggunakan Mike Model FM 21 yang yang dimana simulasi tersebut memasukkan input data angin, data arus dan data pasang surut. Model transport yang digunakan *Particle Tracking Model*. Pada fitur tersebut transport bisa disesuaikan dengan partikel yang akan disimulasi atau dimodelkan sehingga dapat mengetahui arah pergerakannya. Jika dilihat dari persamaan model hidrostatis dan persamaan viskositas eddy boussinesq dengan hasil pemodelan dua dimensi maka diperoleh persamaan (Li, et al., 2020), pada persamaan 1,2, dan 3:

Persamaan kontinuitas :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Persamaan momentum :

Dalam arah X

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial t} = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s \dots\dots\dots \text{Persamaan 2}$$

Dalam arah Y

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial hv\bar{u}}{\partial x} = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} -$$

$$\frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) +$$

$h v_s S$ .....Persamaan 3

Maka Keterangan dari rumus tersebut seperti dibawah ini:

x, y, z = koordinat kartesian

t = waktu (s)

h = total kedalaman air ( $h = d + \eta$ , dimana d adalah kedalaman sisa dan  $\eta$  elevasi muka air)

$\rho_0$  = densitas air

u, v, w = komponen dari velositas atau kecepatan di dalam arah x,y,z (m/s)

g = gravitasi (m/s)

f (gaya koriolis koefisien) =  $2\Omega \sin\varphi$  dan ( $\Omega$  velositas angular rotasi dan  $\varphi$  garis latitude

S dan ( $u_s, v_s$ ) = bentuk output dan kecepatan output saat memodelkan

u dan v = jangkauan velositas pada kedalaman vertikal

$h_u \left( \int_{-d}^{\eta} v dz \right), h_v \left( \int_{-d}^{\eta} v dz \right)$  = ketegangan lateral

$T_{xx} \left( 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right), T_{xy} \left( A \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right),$  dan  $T_{yy} \left( A \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right)$  sedangkan,

A = koefisien viskositas eddy saat horizontal *flow*

Ketika massa pollutan yang telah bertransfer ke perairan maka persamaan dapat dilihat pada persamaan 4:

$$\frac{\partial}{\partial t} (h c) + \frac{\partial}{\partial x} (u h c) + \frac{\partial}{\partial y} (v h c) + K_d h c - S = \frac{\partial}{\partial x} (h \lambda_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \lambda_y \frac{\partial c}{\partial y}) \dots \dots \dots \text{Persamaan 4}$$

(Li, et al., 2020)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2. 3** Penelitian Terdahulu

| Penelitian Terkait        | Judul   | Ringkasan  |
|---------------------------|---|--|
| (Bagaskara, et al., 2020) | Pemodelan Pergerakan Mikroplastik   | Spasial yang mengalami pergerakan partikel mikroplastik dengan ukuran 0,3 mm, ukuran 1 mm, dan 5 mm yang memiliki pergerakan yang mengarah tersama akan tetapi kedalaman yang berbeda-beda. Secara sementara total mikroplastik yang memiliki jumlah banyak berada di wilayah penangkapan Blimbing sari dan pada wilayah kedua berada di Bukit, sedangkan pada wilayah penangkapan lain berada di Senggrong Anyir dan Teluk Pang – pang yang memiliki hasil sedikit. |
| (Sousa, et al., 2021)     | Modelling the distribution of microplastics released by wastewater treatment plants in Ria de Vigo (NW Iberian Peninsula) | Wilayah akumulasi dan pola distribusi partikel mikroplastik yang telah dimodelkan menggunakan model Delft3D di Ria de Vigo. Model tersebut telah di validasi dengan membandingkan simulasi dengan persebaran   |

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
|                           |  | mikroplastik secara in-situ yang terdapat dalam kerang yang berada pada titik stasiun dengan pengambilan sampel berbeda.   |
| (Whitehead, et al., 2021) | Modelling Microplastics in The River Thames : Sources, Sinks, and Policy Implications  | Mikroplastik transpor dan distribusi yang berada di sungai dengan sistem yang terdampak pada lingkungan di sekitarnya. Model dari persebaran mikroplastik menggunakan aliran dinamika, arus atau gelombang dan sedimentasi. Prediksi dalam persebaran menggunakan hidrodinamika tersebut pada wilayah sungai Thames, data terakhir dari industri UK bahwa mikroplastik dilakukan pengujian pada wilayah tersebut.  |
| (Alosairi, et al., 2020)  | Three-distribution numerical modelling of transport, fate and distribution of microplastics in the northwest Arabian/Persian | Spesies dengan partikel MP dalam kandungan usus mereka ditangkap di dalam Teluk. Kondisi pasang surut yang dominan surut di sepanjang pantai Kuwait dibantu oleh Angin Shamal menghasilkan ladang geser tinggi dibandingkan dengan Kous angin, yang menunjukkan distribusi yang lebih luas untuk partikel plastik. Secara umum, Teluk NW bertindak sebagai pemasok ke wilayah selatan Teluk yang tersisa di lokasi yang terbuka. Dispersi mp plume setelah 15 hari seperti yang dibahas dalam Skenario numerik melengkapi informasi berdasarkan jenis ikan laut yang dicirikan dan ditemukan memiliki MP partikel dalam isi usus mereka. Berdasarkan eksperimen sebelumnya |

|                       |   |   |
|-----------------------|---|---|
|                       |   | Pekerjaan yang dilakukan di Kuwait, ikan di dekat dan di dalam wilayah Teluk rentan terhadap penyerapan anggota parlemen.   |
| (Purba, et al., 2019) | Lintasan Sampah Mikroplastik di Kawasan Konservasi Perairan Nasional Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur | Limbah plastik merupakan salah satu limbah yang sangat berbahaya beberapa tahun ini termasuk di wilayah perairan Indonesia. Limbah mikroplastik dipengaruhi oleh faktor pada perairan seperti arus, pasang-surut, dan angin muson. Kecepatan arus pada saat simulasi pemodelan berkisar 0,0002 m/s – 0,35 m/s. Sedangkan pola gerak dari sampah mikroplastik tersebut dipengaruhi oleh arus permukaan yang berasal dari Pantai Jawa, Laut Flores, dan Arlindo. Pergerakan mikroplastik menunjukkan ke arah selatan dan barat daya |

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

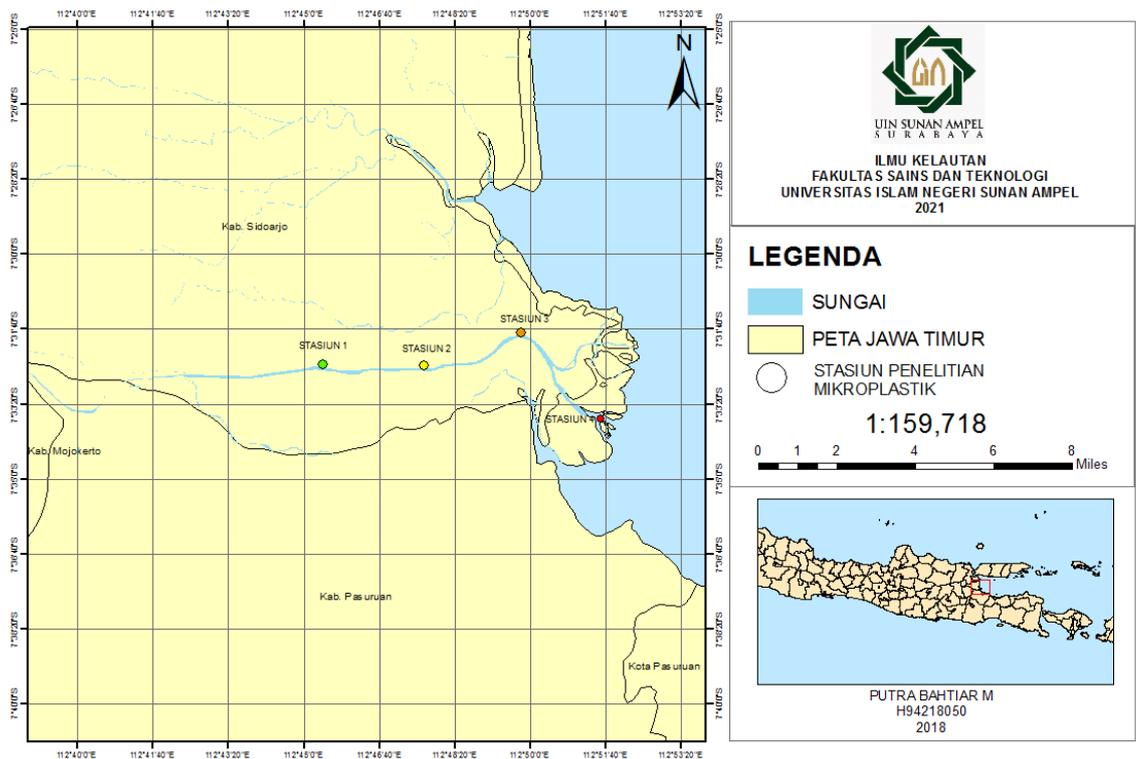
## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dialiran sungai kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi, Kecamatan Jabon, Sidoarjo. Pengambilan sampel dilakukan ke 4 titik tempat stasiun 1 sampai stasiun 4 (Gambar 3.1). sedangkan pada stasiun 2-3 merupakan wilayah jalur aliran sungai kali porong. Pada stasiun 4, wilayah perairan Pulau Lusi didekat dermaga. Waktu penelitian dilakukan dengan waktu 6 bulan 2021, yang dimana dilakukan persiapan alat dan bahan, tahapan laboratorium, dan analisis. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 3. 1** Peta lokasi penelitian

Berdasarkan peta penelitian bahwa ada empat titik stasiun, sebagai berikut :

a) Titik stasiun 1

Stasiun 1 merupakan wilayah pintu masuk sungai Kali Porong, stasiun 1 berada di titik koordinat  $-7.5449741$  dan  $112.7024683$ .

b) Titik stasiun 2

Stasiun 2 merupakan wilayah nambangan atau penyebrang yang menggunakan kapal, stasiun 2 berada di titik koordinat  $-7.5422593$  dan  $112.7684752$ .

c) Titik stasiun 3

Stasiun 3 merupakan wilayah nambangan atau penyebrangan yang menggunakan kapal sama dengan stasiun 2, stasiun 3 berada di titik koordinat -7.532249 dan 112.8263998

d) Titik stasiun 4

Stasiun 4 merupakan wilayah perairan Pulau Lusi, stasiun 4 berada di titik koordinat di -7.5656856 dan 112.8694923

### 3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini diperlukan alat dan bahan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 :

**Tabel 3. 1** Alat-alat penelitian

| Alat   | Keterangan                                |
|--|---|
| GPS  | Menentukan titik koordinat                |
| Plankton net                                 | Mengambil sampel air                      |
| Botol 1,5 liter tertutup lakban              | Mengawetkan sampel air                    |
| Gelas beker 500 ml                           | Tempat sampel                             |
| Gelas ukur 100 ml                            | Menakar larutan yang digunakan            |
| Oven   | Mengerikan sampel                         |
| Cawan petri                                  | Tempat pengamatan sampel                  |
| Label  | Sebagai tanda pada sampel                 |
| Mikroskop Stereo                             | Pengamatan mikroplastik                   |
| Sendok pengaduk                              | Pengaduk sampel dengan larutan            |
| <i>Whatman Filter paper</i> >2 $\mu\text{m}$ | Tempat menyaring sampel berbentuk larutan |
| WR Plot                                      | Pemodelan arah dan kecepatan angin        |
| Arc GIS                                      | Membuat <i>lay out</i> peta penelitian    |
| MIKE 21 ( <i>Particle Tracking Modul</i> )   | Pemodelan mikroplastik                    |

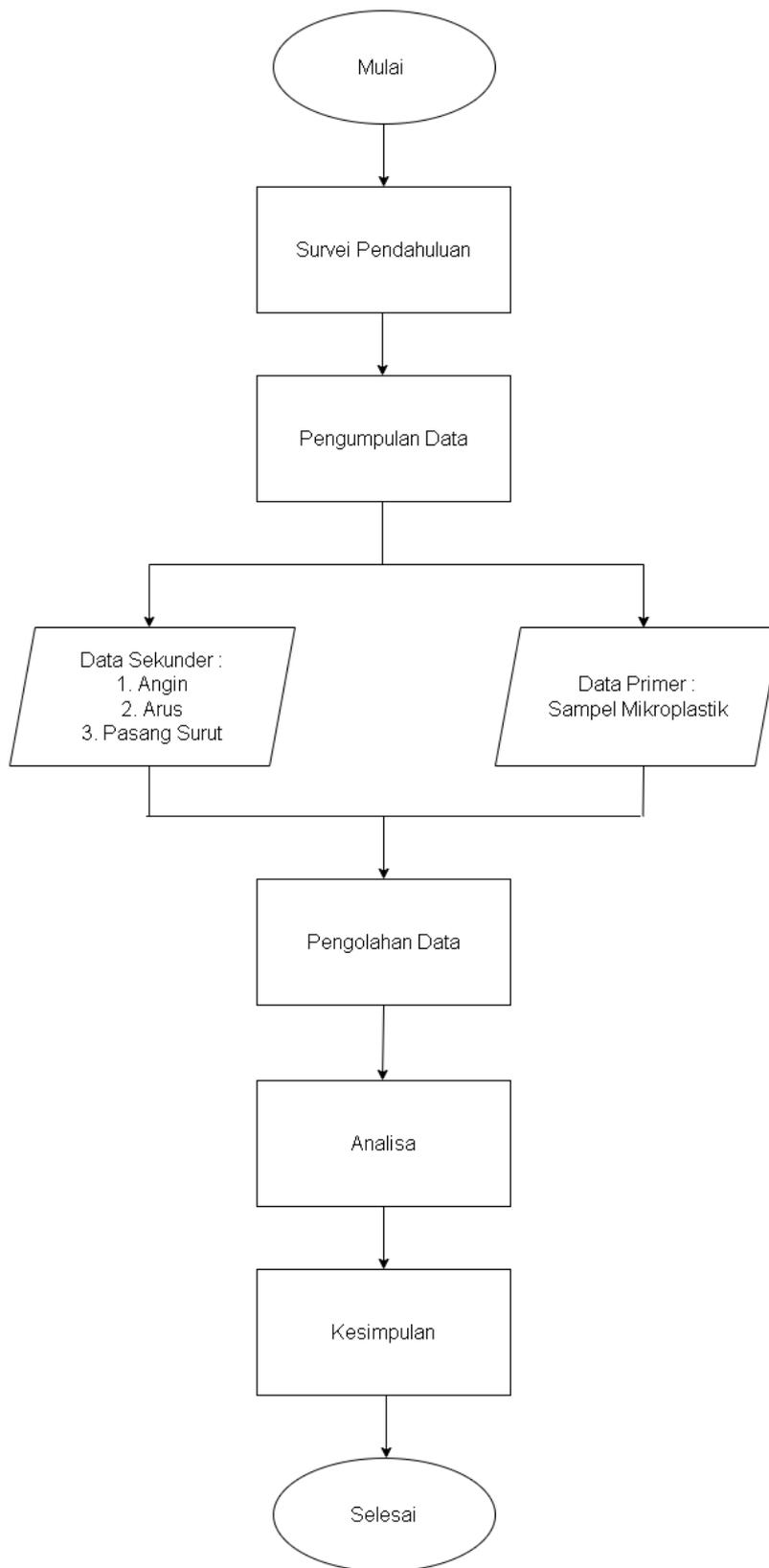
**Tabel 3. 2** Bahan-bahan penelitian

| Bahan  | Keterangan   |
|--|--|
| NaCl (natrium chloride)                            | Larutan pemisah mikroplastik pada sedimen            |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (hidrogen peroksida) | Larutan pembersih                                    |
| FeSO <sub>4</sub> (fero sulfat II)                 | Pereduksi pada sampel air                            |
| Aquades  | Mencairkan larutan dan membilas sampel kertas saring |

### 3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian ini memiliki fungsi yaitu untuk mempresentasikan tahapan penelitian menggunakan *flowchart* yang berawal dari kata “Mulai” hingga “Selesai”. *Flowchart* ini membantu peneliti untuk mengetahui alur penelitian sehingga tidak ada yang terlewatkan. Maka alur penelitian dapat di lihat pada gambar 3.2.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



**Gambar 3. 2** Alur penelitian

### 3.3.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan yang telah dilakukan yaitu dengan menentukan aliran air sungai Brantas ke aliran sungai kali Porong yang masuk kedalam Pulau Lusi dan aliran ujung sungai yang berada di dalam pulau Lusi. Sehingga dapat mengetahui laju pencemaran mikroplastik melalui aliran air maupun sedimen yang terbawa masuk. Aktivitas industri maupun domestik juga menjadi salah satu sumber dalam laju pencemaran mikroplastik pada sungai kali Porong seperti pada gambar 3.3. Perencanaan survei dilakukan untuk memberikan gambaran lapangan atau lokasi penelitian pada saat pengambilan data yang dibutuhkan dan bisa mengetahui ke validasi data (Wahyuniardi, et al., 2016)



**Gambar 3. 3** Sungai Kali Porong

Sumber : Dokumentasi pribadi 2021

### 3.3.2 Pengumpulan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang tersedia pada laman web *Marine Copernicus* dengan sistem ramalan cuaca. Data pasang surut menggunakan data prediksi pada *tides.big.go.id* pada 4 bulan sesuai waktu penelitian, sedangkan angin menggunakan data prediksi dari *marine copernicus*. Data yang digunakan pada penelitian ini bulan Juli – Oktober 2021 di sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi, Kecamatan Jabon. Data tersebut akan diolah menjadi data model pola penyebaran mikroplastik pada wilayah tersebut.

Data komposisi mikroplastik dilakukan dengan pengambilan sampel yang berada di wilayah jalur pintu masuk air dan perairan dekat dermaga Pulau Lusi. Pengambilan dilakukan dengan menyiramkan air pada plankton net, dan kemudian air tersebut dipindahkan ke botol seperti pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Pengambilan sampel mikroplastik

### 3.3.3 Pengolahan Data Sekunder

#### 1. Angin

Tahapan pengolahan data angin, sebelumnya diperoleh data yang berasal dari situs website ECMWF *marine copernicus* dengan format NetCDF. Data yang diperlukan dari bulan Juli sampai Bulan Oktober 2021. Data tersebut kemudian dikelola hingga menjadi sebuah sajian data yang dapat dimasukkan kedalam rumus untuk mengetahui kecepatan dan arah angin berhembus pada setiap bulan selama penelitian. Data angin tersebut diolah dengan menggunakan excel, dari data tersebut maka akan diolah kembali ke WR Plot untuk mengetahui arah persebaran angin dengan grafik distribusi dan gambar windrose.

#### 2. Arus

Pada tahapan pengolahan data arus yang dimana hasil data sekunder melalui web *marine copernicus*. Variabel yang didapatkan arah (u) dan kecepatan (v), kemudian dilakukan pengolahan dengan microsoft excel untuk penentuan wilayah koordinat arah dan kecepatan sesuai dengan lokasi penelitian. Data arus yang berupa model akan mevisualkan arah arus selama penelitian berlangsung dan melihat pengaruh terhadap persebaran mikroplastik di perairan Pulau Lusi.

#### 3. Pasang Surut

Pada tahapan ini data pasang surut yang diperoleh dari web *tides.big.go.id*. Data tersebut diolah menggunakan metode least square, metode tersebut merupakan metode perhitungan pasang surut yang membutuhkan perhitungan dengan dimensi matrik dan menganalisa komponen pasang surut hasil elevasi dapat diketahui. Penggunaan data pasang surut tersebut untuk mengetahui tipe pasang surut selama penelitian berlangsung dan bisa diklasifikasikan terhadap jenis pasang surut. Data pasang surut juga diprediksi dengan menggunakan software mike.

#### 4. Simulasi Pemodelan MIKE 21

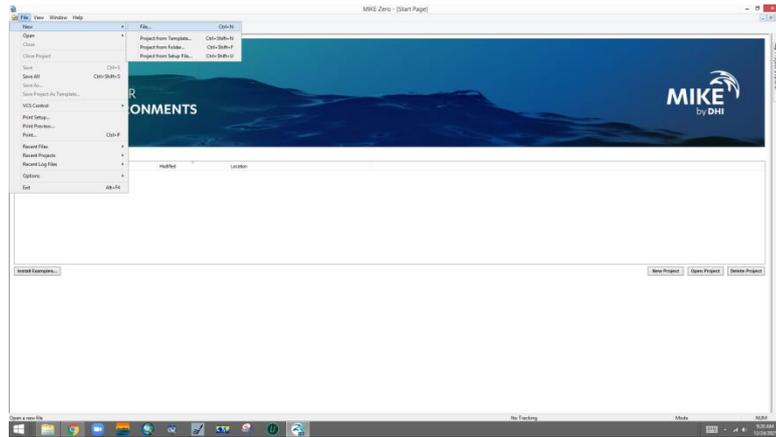
Terdapat inputan data yang diperlukan pada penelitian ini pada tabel 3.3.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

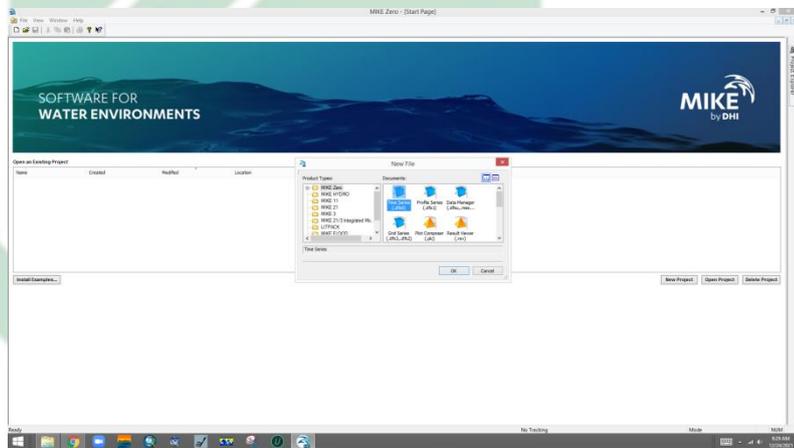
**Tabel 3. 3** Input mike 21

| No | Input                           | Keterangan  |
|----|---------------------------------|---|
| 1  | <i>Domain</i>                   | Mesh Sungai   |
| 2  | <i>Time</i>                     | Waktu pemodelan (bulan Juli-bulan Oktober)  |
| 3  | <i>Hydrodynamic Module</i>      |   |
|    | Wind forcing                    | Data angin  |
|    | Initial Conditions              | pasang surut  |
|    | Boundary Conditions             | debit sungai (1800 m <sup>3</sup> /s) ((Trilita, 2012)                                |
| 4  | <i>Particle Tracking Module</i> |   |
|    | Class                           | Mikroplastik (mps)  |
|    | Berat partikel                  | 5 mg ( (Pangestu, et al., 2016)   |
|    | Sources                         | Point Area (titik koordinat)<br>1. Latitude - 7.5591411389<br>2. Longitude 112.856948 |
|    | Settling                        | 1. Min 0.01 mg/m <sup>3</sup><br>2. Maks 5 mg/m <sup>3</sup>                          |
|    | Dispersion                      | 1. Horizontal (1 m <sup>2</sup> /s),<br>2. Vertikal (0.01 m <sup>2</sup> /s)          |

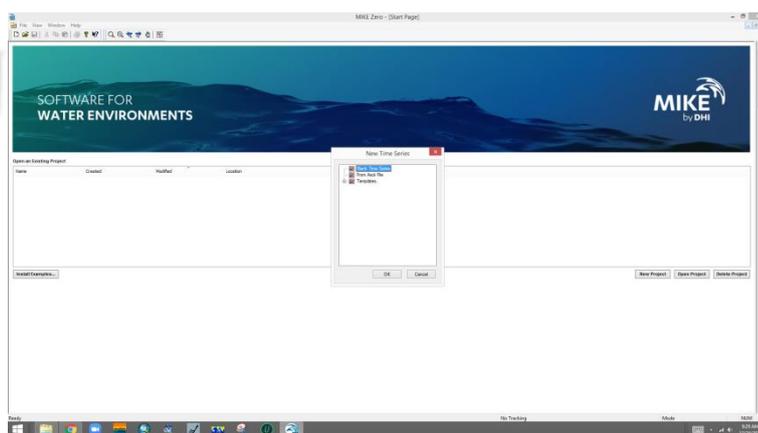
Data angin yang telah diolah tersebut telah didapatkan nilai arah dan kecepatan angin sehingga selanjutnya diinput pada time series pada mike. Diberikan format sesuai inputan dan disesuaikan waktu yang diperlukan, masukkan insert *wind direction* dan *wind speed*. Kemudian hasilnya keluar sebagai bentuk grafik angin selama waktu selama 1 bulan. Pada tahapan awal pemodelan maka dimasukan inputan sesuai dengan data yang dimana seperti gambar 3.5 dan gambar 3.6. Pada input pasut maka dimasukan inputan blank series seperti gambar 3.7.



**Gambar 3.5** Proses pengolahan data mike



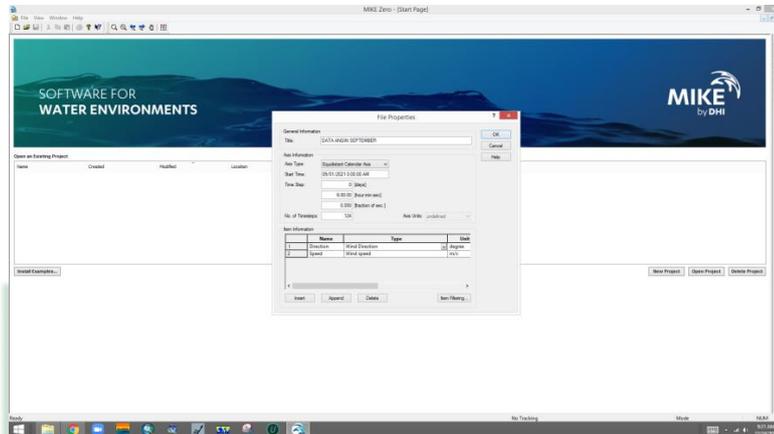
**Gambar 3.6** Pilih modul dengan time series



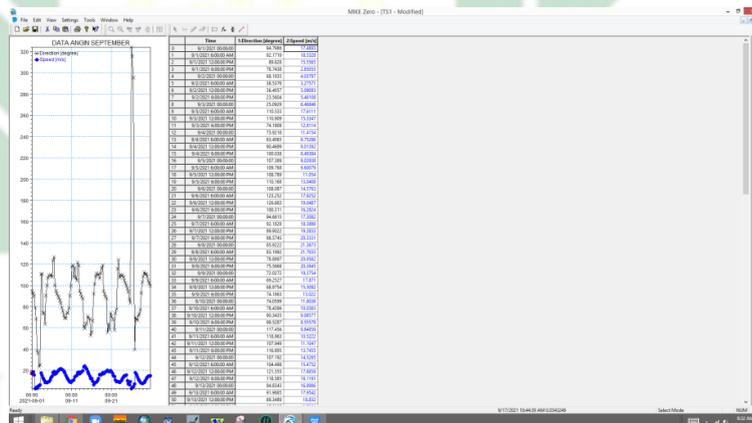
**Gambar 3.7** Blank time series

Data pasang surut diperoleh dari data *tides.big.co.id* yang dimana hasil tersebut dimasukkan inputan ke fitur time series sesuai

dengan waktu setiap 1 jam hasil prediksi tersebut. Insert dimasukkan sesuai dengan data yaitu surface elevation dengan satuan m/s seperti gambar 3.8.

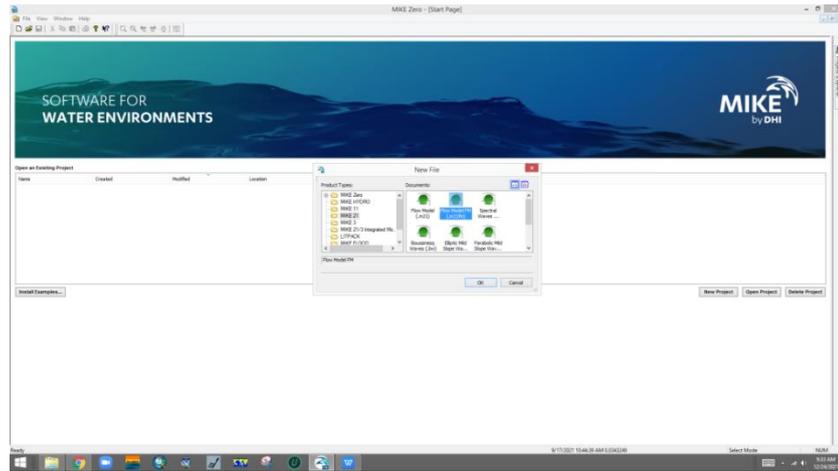


Gambar 3. 8 Masukan data



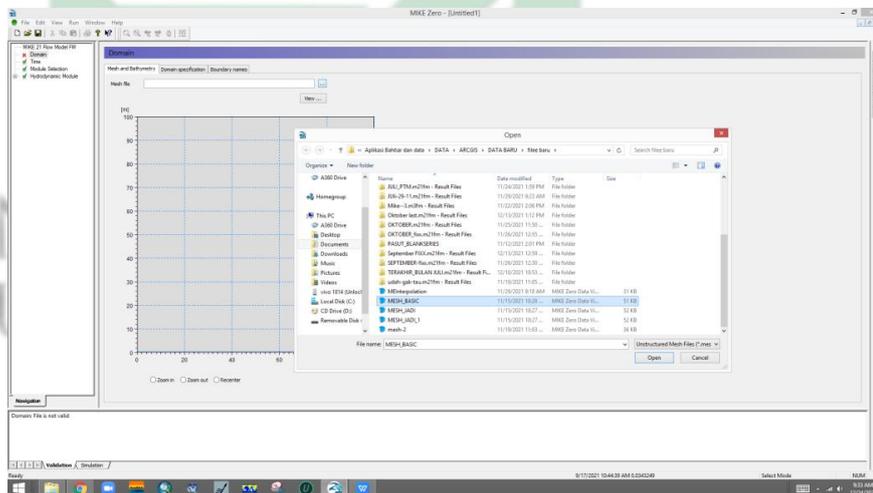
Gambar 3. 9 Data hasil sebelum pemodelan

Data yang telah diinput menghasilkan pola grafik seperti gambar 3.9, kemudian dilakukan pemodelan dengan menggunakan mesh yang telah di digitasi untuk wilayah penelitian. Buka new file, pilih fitur Mike 21, pilih model fm 21 seperti pada gambar 3.10.

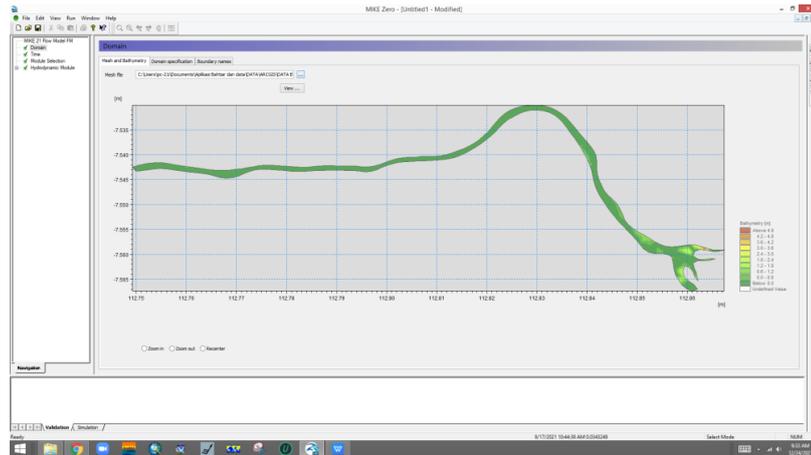


**Gambar 3. 10** Flow Model FM 21

Data mesh wilayah penelitian dimasukkan sebagai dasar peta pemodelan, kemudian pilih waktu penelitian seperti gambar 3.11 dan gambar 3.12. Waktu pemodelan dilakukan dengan waktu tiap bulan, maka hasil tersebut mewakili tiap bulan saat pemodelan gambar 3.13.



**Gambar 3. 11** Data mesh peta penelitian wilayah

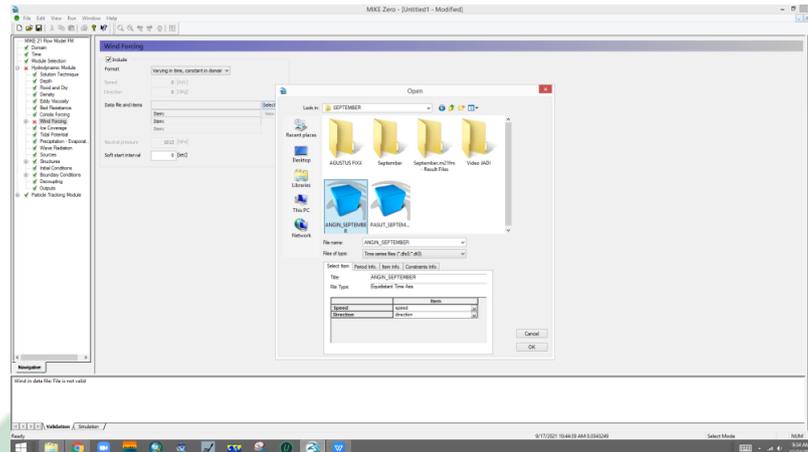


**Gambar 3. 12** Peta wilayah penelitian untuk pemodelan

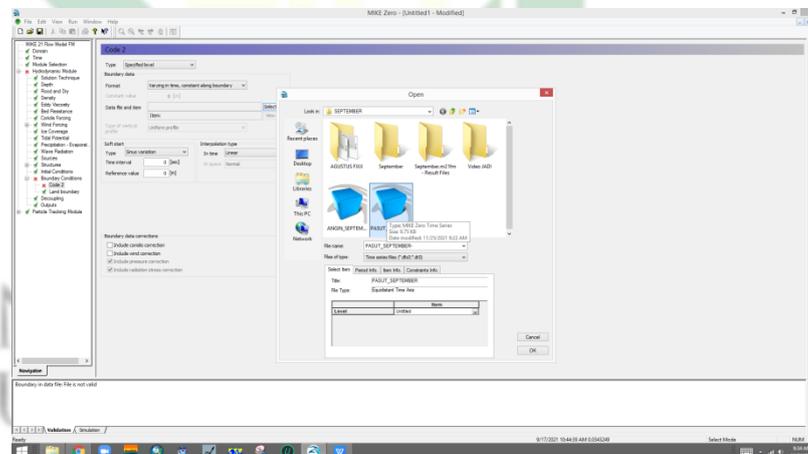
**Gambar 3. 13** Input waktu penelitian

**Gambar 3. 14** Input modul PTM

Modul yang digunakan pada pemodelan mike, modul PTM seperti pada gambar 3.14. Kemudian masukkan inputan data angin dan pasang surut pada setiap bulannya untuk data hidrodinamika seperti gambar 3.15 dan 3.16.

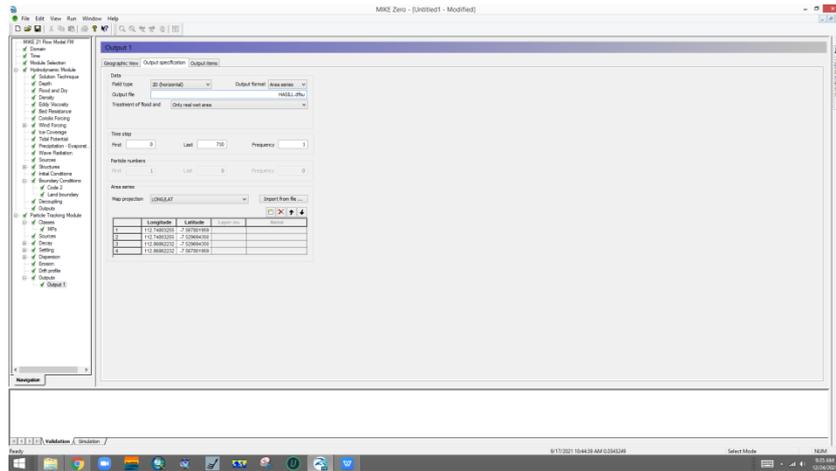


Gambar 3. 15 Input data angin

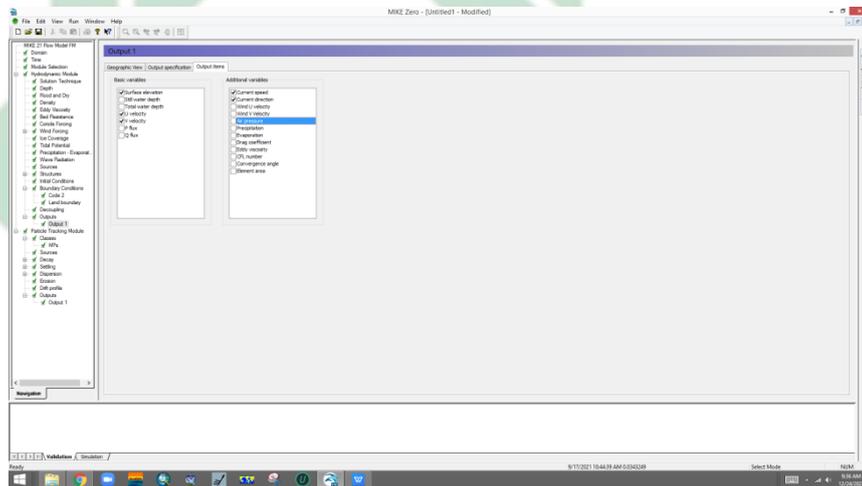


Gambar 3. 16 Input data pasang surut

Sebelum di run atau dijalankan data hasil dimasukkan luasan area penelitian, kecepatan arus dan arah arus untuk hasil pemodelan dan jangan lupa diberikan nama file, sehingga ketika sudah dijalankan maka terlihat hasilnya seperti gambar 3.17 dan gambar 3.18.

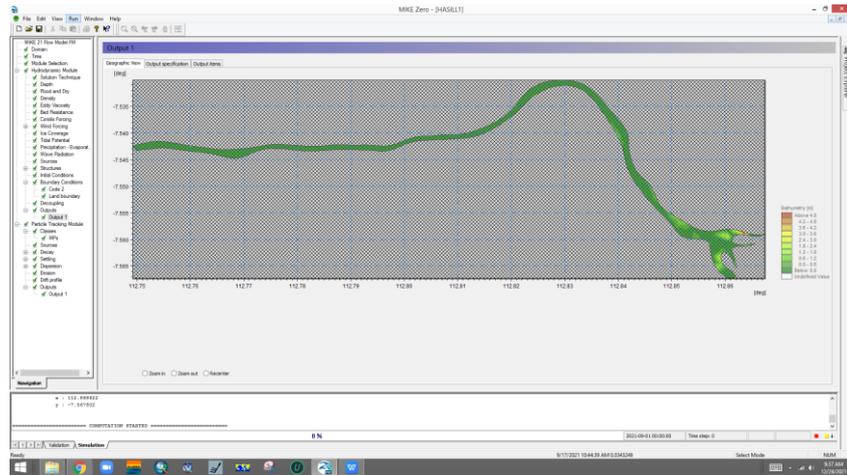


Gambar 3. 17 Output disesuaikan hasil input data sebelum pemodelan

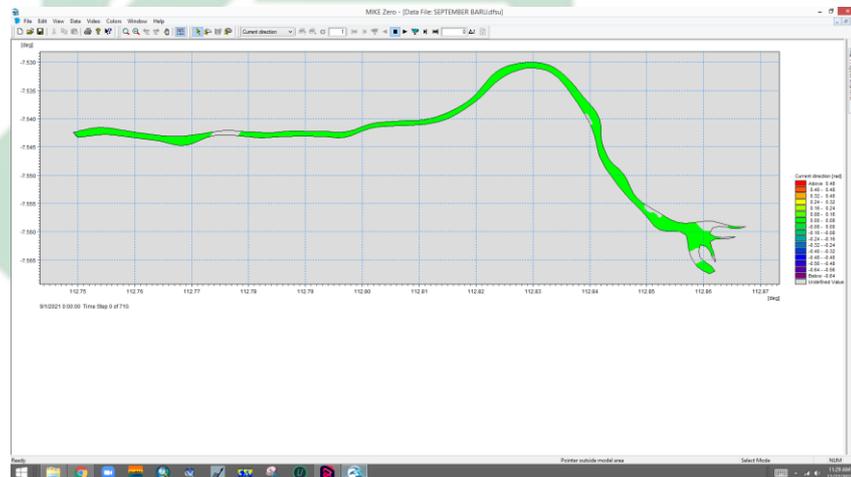


Gambar 3. 18 Input data sebelum pemodelan

File disimpan dan disesuaikan nama dengan waktu penelitian, dan kemudian dilakukan run atau dijalankan seperti gambar 3.19. Kemudian tunggu hingga hasil pemodelan keluar yang terletak dibagian bawah *completed* seperti gambar dan hasil pemodelan akan terlihat dalam bentuk beberapa warna sesuai dengan kecepatan maupun ketinggian elevasi seperti gambar 3.20.



Gambar 3. 19 Model dijalankan



Gambar 3. 20 Hasil pemodelan

### 3.3.4 Pengolahan Data Primer

#### 1. Sampel Air

Sampel air yang telah didapatkan dari perairan Pulau Lusi kemudian dilakukan pemisahan dengan cara menyaring dengan mesh ukuran 5 mm dan 1 mm. Sampel diberikan larutan  $\text{FeSO}_4$  40 ml dengan konsentrasi 0,05 M dan ditambahkan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsesntrasi 30% sebanyak 80 ml. Sampel tersebut diaduk dengan suhu  $70^\circ\text{C}$  dikompor

listrik dengan waktu 30 menit hingga bereaksi. Dalam kondisi lain bisa ditambahkan kembali larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsentrasi 30% jika diperlukan untuk memisahkan bahan organik dari sampel. Sampel di saring menggunakan kertas *whatmann filter paper* >2 µm. Kertas filter tersebut dikeringkan pada suhu ruangan dan dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop stereo (Dyachenko, et al., 2016).

Analisis data dalam perhitungan kelimpahan mikroplastik pada sampel air yaitu menggunakan rumus sebagai berikut : (Kapo, et al., 2020)

$$\text{Kelimpahan Mikroplastik} = \frac{\text{Jumlah Mikroplastik ke-}i \text{ (partikel)}}{\text{Volume Air Tersaring} \left(\frac{\text{liter}}{\text{m}^2}\right)}$$

## 2. Identifikasi Komposisi Mikroplastik

Identifikasi mikroplastik dilakukan dengan alat mikroskop stereo, yang menggunakan alas pengamatan dengan cawan petri. Pengklasifikasian dilakukan dengan sesuai bentuk mikroplastik filamen, fiber, film, dan granule.

### 3.4 Analisa

Tahapan analisa dilakukan untuk melihat hasil pemodelan pola distribusi mikroplastik yang berada pada perairan Pulau Lusi dengan faktor pendukung seperti arus, pasang surut, dan angin. Proses analisa dilakukan dengan deskriptif terkait keterkaitan

faktor oseanografi terhadap persebaran mikropastik yang berada di perairan. Analisa kandungan mikroplastik dengan menggunakan mikroskop terhadap sampel air dan dikategorikan sesuai dengan jenis dan bentuk mikroplastik.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

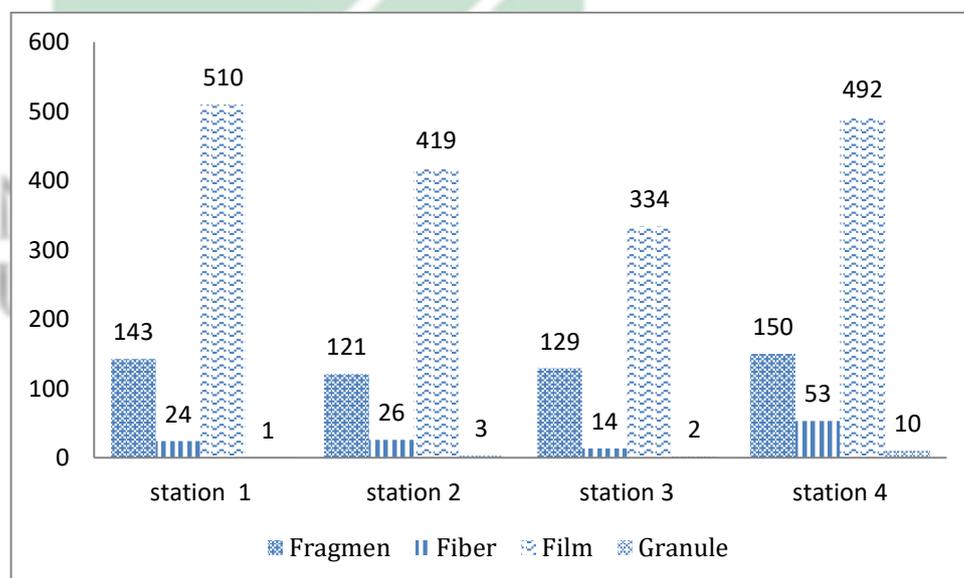
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Mikroplastik Perairan Pulau Lusi

##### 4.1.1 Kelimpahan Mikroplastik

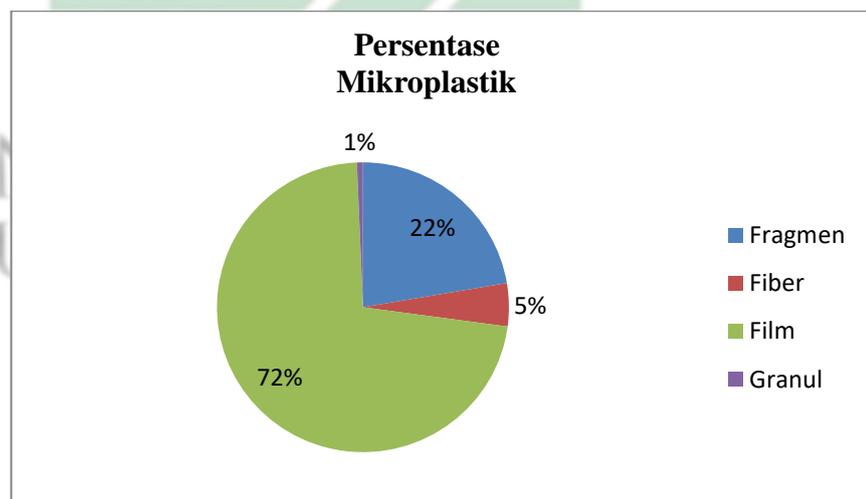
Kelimpahan mikroplastik pada wilayah penelitian di sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi, terdapat 4 stasiun untuk pengujian sampel keberadaan mikroplastik sepanjang perararian tersebut. pengujian tersebut dengan mengambil beberapa liter sampel perairan. Hasil pengujian mikroplastik pada perairan ditemukan beberapa jenis mikroplastik yang terdapat pada grafik gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Grafik jenis mikroplastik

Sumber : Olah data 2021

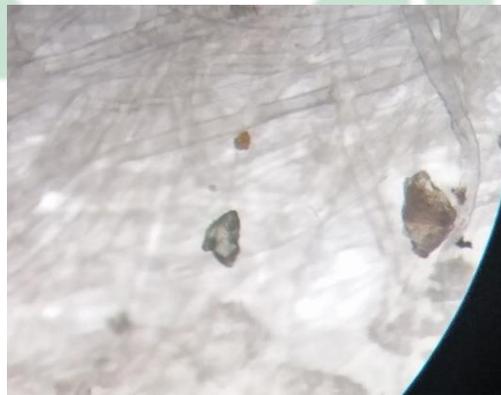
Jenis mikroplastik yang ditemukan terdapat empat jenis filamen, fiber, film, dan granule. Setiap stasiun ditemukan empat jenis tersebut akan tetapi dengan nilai yang berbeda, seperti pada stasiun 1 nilai fragmen yang ditemukan sebesar 143 partikel, jenis fiber 24 partikel, jenis film 510 partikel, dan jenis granule 1 partikel. Pada stasiun 2 nilai dari jenis mikroplastik fragmen ditemukan dengan jumlah 121 partikel, jenis fiber 26 partikel, jenis film 419 partikel, dan jenis granule 3 partikel. Jenis fragmen dengan jumlah 129 partikel, jenis fiber 14 partikel, jenis film 334 partikel, jenis granule 2 partikel hanya ditemukan pada stasiun 3, sedangkan pada stasiun 4 jenis fragmen ditemukan dengan jumlah 250 partikel, jenis fiber 53 partikel, film 492 partikel, dan granule 10 partikel. Jika dipersentasekan jumlah mikroplastik pada 4 stasiun tersebut seperti gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Komposisi persentase mikroplastik

Sumber : Olah data 2021

Jumlah persentase mikroplastik didominasi dengan jenis film dengan nilai 72%, mikroplastik film merupakan suatu bentuk mikro dari jenis plastik yang tersusun dengan lapisan-lapisan tipis dan memiliki kepadatan massa jenis yang rendah serta mudah terdegradasi menjadi serpihan kecil (Di & Wang, 2017). Jenis plastik tersebut juga berasal dari polimer yang tersusun dari jenis kepadatan rendah atau densitas, LDPE (*Low Density Polyethylene*) yang pada umumnya bahan tersebut digunakan untuk produk kantong plastik transparan. Penggunaan produk tersebut seperti kantong plastik, kemasan makanan maupun minuman serta pembungkus produk yang tipis (Astuti, et al., 2020). Mikroplastik jenis film dapat dilihat pada gambar 4.3. Bahan LDPE memiliki kerapatan densitas 0,917-0,965 dan termasuk densitas paling rendah dibandingkan dengan bahan polimer lainnya.



**Gambar 4.3** Mikroplastik jenis film

Sumber : Dokumentasi pribadi 2021

Jenis mikroplastik fragmen memiliki nilai persentase 22% pada wilayah sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi, jenis fragmen merupakan mikroplastik yang berasal dari jenis plastik yang tebal, seperti

botol minum dan kemasan makanan yang memiliki ketebalan serta tidak beraturan (Browne, et al., 2011). Jenis mikroplastik ini berbahan dasar dari PP (*Polypropylene*), jenis bahan plastik yang kuat, tahan panas, resisten kelembapan, ditemukan pada produk kotak makan, gelas, dan lainnya (Noor, et al., 2019). Fragmen yang ditemukan pada penelitian ini bisa di lihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Jenis mikroplastik fragmen

Sumber : Dokumentasi pribadi 2021

Mikroplastik jenis fiber juga di temukan dengan nilai persentase 5%, jenis mikroplastik tersebut memiliki ciri-ciri serabut atau serat panjang seperti benang, jika terkena sinar uv akan memberikan warna seperti merah atau biru (Song, et al., 2015). Mikroplastik jenis ini juga biasa berasal dari aktivitas manusia seperti jaring ikan, tambang ikan, buoy, pancing, pakaian, dan jenis tali (Hiwari, et al., 2019). Bahan dasar dari jenis mikroplastik fiber merupakan dari nilon, susunan dari bahan tersebut monomer asam *tetramethylene dicarboxylic* dan *hexamethylen diamine*.

Jenis mikroplastik fiber ditemukan saat berada dipermukaan perairan dan hasil dari penelitian tersebut ditemukan seperti gambar 4.5



**Gambar 4. 5** Jenis mikroplastik fiber

Sumber : Dokumentasi pribadi 2021

Jenis mikroplastik granule juga ditemukan sepanjang wilayah penelitian sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi, akan tetapi nilai tersebut kecil dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya. Jika dilihat dari persentase hanya 1%, dan nilai tersebut kecil.

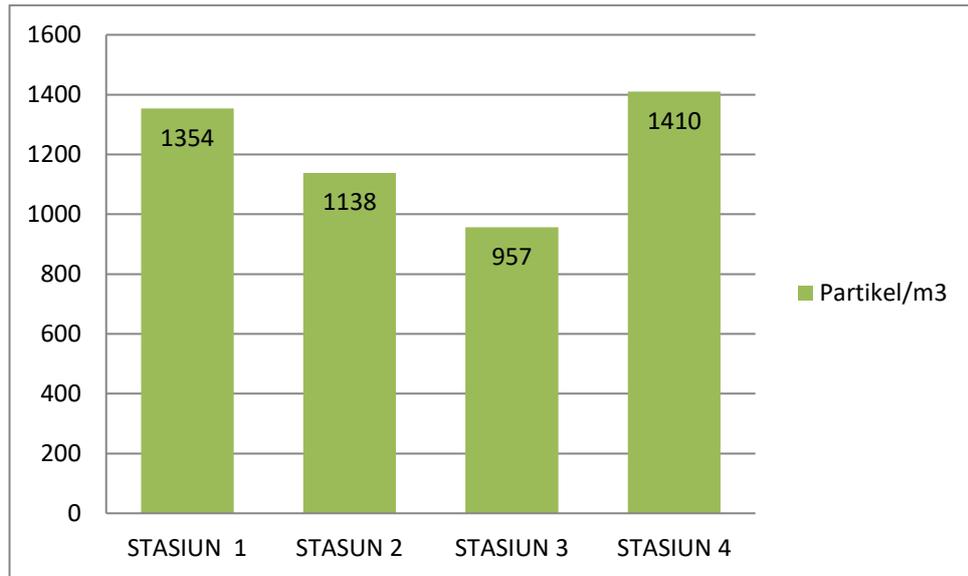
Mikroplastik jenis granule tersebut berasal dari produk kecantikan dan produk kebersihan serta biasa disebut dengan *microbeads*. Jenis mikroplastik tersebut termasuk kedalam golongan plastik polimer primer, dan terbuat dari bahan dasar *polyethylene*, *polystyrene*, *polymethyl methacrylate* (Zhang, et al., 2017). Jika dilihat dari bentuknya granule lebih cenderung bulat atau juga bisa disebut dengan jenis mikroplastik pelet, maka dapat dilihat pada gambar 4.6. Nilai mikroplastik jenis granule merupakan paling rendah dibandingkan dengan jenis mikroplastik lainnya. Hal tersebut disebabkan bahwa ketika jenis mikroplastik tersebut masuk

kedalam perairan akan cenderung tenggelam dan mengikuti aliran perairan dengan sedimen yang didasar dan arus dalam. Bahan granule memiliki densitas atau kerapatan jenis dari paling rendah 0,917 – 0,965 dari bahan *polyethylene*, jenis bahan dengan densitas sedang polystyrene 1,04 – 1,1, jenis bahan dengan densitas tinggi dari bahan *polymethyl* dan *methylacrylate* 1,17 – 1,20, Sehingga jenis granule dengan densitas rendah akan berada dipermukaan air dan kolom air.



**Gambar 4. 6** Jenis mikroplastik granule

Kelimpahan mikroplastik yang ditemukan dari aliran sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi memiliki nilai rata-rata sekitar 1214.75 partikel / liter. Dapat dilihat nilai tersebut pada gambar 4.7.



**Gambar 4. 7** Grafik kelimpahan mikroplastik

Sumber : Olah data 2021

Pada stasiun 1 nilai kelimpahan mikroplastik 1354 partikel/m<sup>3</sup>, dan pada stasiun 2 nilai kelimpahan mikroplastik yang telah ditemukan sebesar 1138 partikel/m<sup>3</sup>. Stasiun 1 merupakan pintu air masuk sungai kali porong, sehingga dapat dilihat dari kelimpahan tersebut nilai tinggi dibandingkan stasiun 2. Pengaruh dari aliran sungai juga dapat berpengaruh terhadap pola distribusi mikroplastik yang berada pada aliran sungai Kali Porong (Purwaningrum, 2016).

Pada stasiun 3 jumlah kelimpahan mikroplastik cenderung lebih rendah dengan nilai 957 partikel/m<sup>3</sup>, dan pada stasiun 4 jumlah kelimpahan mikroplastik yang ditemukan sebanyak 1410 partikel/m<sup>3</sup>. Jumlah kelimpahan pada stasiun 4 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti aliran sungai yang menuju pada perairan Pulau Lusi tidak

hanya sungai Kali Porong, ada juga sungai Golondoro. Pulau Lusi merupakan pulau yang berada di wilayah tengah jalur estuari sebelum menuju ke selat Madura, aliran sungai yang mengandung mikroplastik tersebut dapat terjatuh pada wilayah perairan pulau Lusi maupun di sekitar Pulau Lusi. Hal tersebut juga terdapat beberapa tumbuhan mangrove yang memiliki fungsi untuk menjatuhkan beberapa sampah termasuk mikroplastik tersebut.

Kelimpahan mikroplastik yang berada sepanjang aliran sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi merupakan lebih rendah dibandingkan dengan hasil kelimpahan mikroplastik yang berada di aliran sungai Cimandiri hingga Teluk Palabuhanratu dengan nilai kelimpahan 685 – 7444 partikel/m<sup>3</sup> (Pe, et al., 2020). Sedangkan hasil penelitian mikroplastik yang berada di aliran sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi 957 – 1410 partikel/m<sup>3</sup>. Hasil kelimpahan mikroplastik yang berada aliran sungai kuning hingga ke wilayah estuari telah ditemukan mikroplastik sebanyak 430 – 654 partikel/m<sup>3</sup> (Han, et al., 2019). Hasil tersebut lebih kecil dibandingkan nilai kelimpahan di perairan Pulau Lusi.

Kelimpahan mikroplastik yang berada di Teluk Jakarta nilainya lebih tinggi dari perairan Pulau Lusi, Teluk Palabuhanratu, dan *Yellow river*(China). Nilai kelimpahan tersebut dengan nilai 2881 – 7472 partikel/m<sup>3</sup> (Pe, et al., 2020). Nilai batas atau baku mutu untuk limbah pencemaran mikroplastik hingga saat ini masih belum ada. Hasil pencemaran mikroplastik yang berada di perairan diperkirakan akan lebih tinggi sehingga perlu dilakukan tinjauan penelitian mikroplastik yang

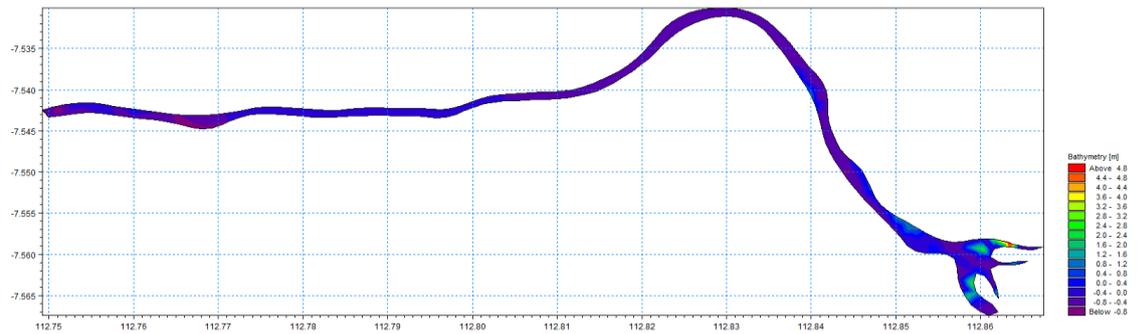
berada dikawasan perairan seluruh dunia. Salah satu jalur masuk air yang memiliki kemungkinan limbah mikroplastik berada dialiran sungai.

Mikroplastik yang terkandung didalam air aliran sungai terdapat kemungkinan akan memiliki jumlah yang meningkat ditinjau melalui sungai kali Porong merupakan jalur aktif aliran yang dimana hulu berada disungai kali Brantas. Selain itu juga, aktivitas manusia menggunakan plastik masih tergolong tinggi sekitar 750-1000 kantong / tahun untuk satu orang dengan berat rata-rata 120 gram di Indonesia (Ekawati, 2016) dalam (Fatimura, 2020).

## **4.2 Faktor Hidrodinamika**

### **4.2.1 Batimetri**

Pada lokasi penelitian dilakukan pengukuran batimetri dengan lay out (membuat pola peta wilayah) menggunakan peta DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) kemudian ditumpang tindih peta administrasi Kabupaten Sidoarjo. Data tersebut dilakukan digitasi dan disesuaikan dengan wilayah penelitian yaitu sungai Kali Porong hingga ke perairan Pulau Lusi. Data batimetri tersebut diperoleh dengan berbagai rentang kedalaman seperti pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Batimetri sungai kali Porong hingga perairan Lusi

Peta batimetri pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui lantai dasar perairan (Pangestu & Kushadiwijayanto, 2020) dan pengaruh terhadap aliran air ke wilayah estuari (perairan Pulau Lusi). Pengaruh sedimentasi terhadap dasar lantai perairan akan memberikan faktor juga terhadap pola pergerakan air, bahwa air akan bergerak ke wilayah yang lebih rendah. Pengaruh faktor lain seperti hidrodinamika juga akan memberika arah pergerakan air hingga menuju perairan Pulau Lusi. Sungai Kali Porong sudah tidak asing dengan limbah pencemar lumpur lapindo, limbah tersebut dibuang ke wilayah sungai sehingga memberikan dampak terhadap wilayah hilir sungai. Dampak tersebut akan membentuk gundukan bahkan jika sudah terakumulasi akan menjadi pulau seperti Pulau Lusi. Maka dari itu, pemodelan mikroplastik di wilayah aliran sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi akan mempengaruhi terhadap pola distribusinya. Jika dilihat dari hasil pemodelan bahwa peta batimetri dari aliran sungai hingga ke perairan Pulau Lusi memiliki rentang nilai kedalam dari -0,8 m hingga 4,8 m. Sungai Kali porong rentang batimetri -0,8 m hingga

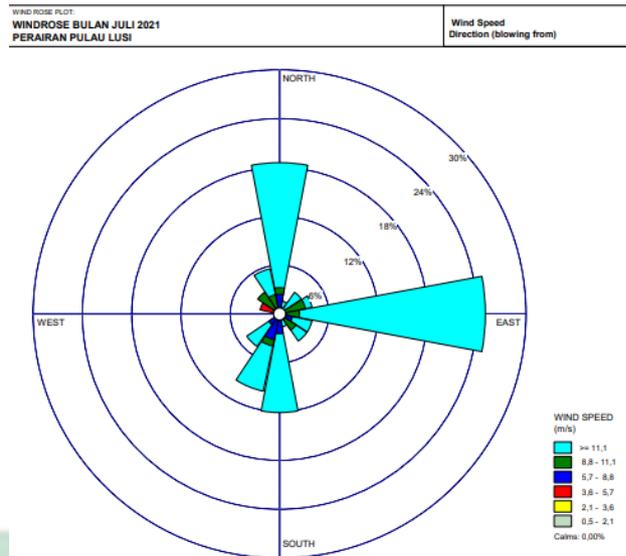
0,8 m. Sedangkan pada perairan Pulau Lusi memiliki rentang 1,6 m hingga 4,8 m.

#### **4.2.2 Angin**

##### **1. Musim Timur (Bulan Juli – Bulan Agustus)**

Menurut Putra (2004) masa air pada perairan akan dipengaruhi oleh pola distribusi angin yang berhembus termasuk juga terhadap musim pada saat penelitian dilakukan. Musim timur terjadi dari Bulan Juni sampai Bulan Agustus, pada bulan tersebut angin yang berhembus berasal dari Australia hingga ke wilayah barat ketika berada diperairan laut (Rifai, et al., 2020). Pada penelitian mikroplastik yang dilakukan dari sepanjang aliran sungai hingga ke perairan Pulau Lusi maka pada bulan Juli hingga Bulan Oktober.

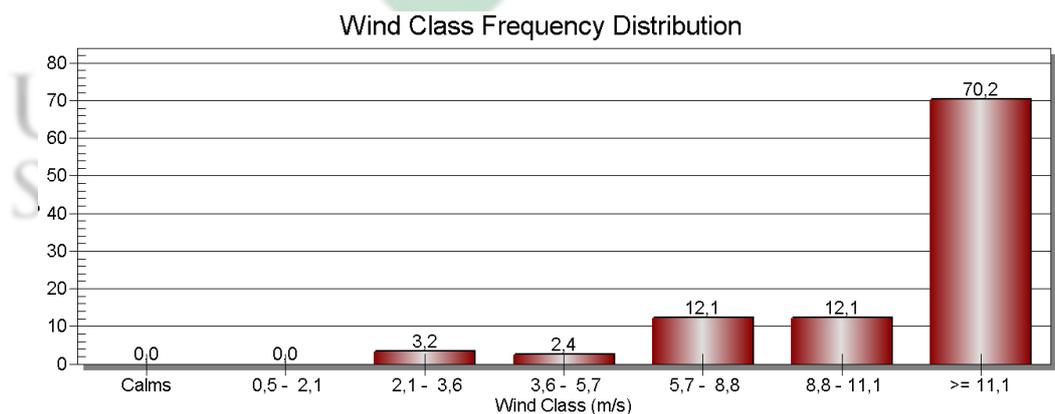
Jika dilihat melalui pemodelan pola distribusi angin menggunakan software Wr Plot, maka hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 4.9. arah dominan angin pada bulan tersebut berada di arah timur dengan persentase 25% dengan kecepatan angin dominan 11,1 m/s. Arah dominan angin dengan persentase 19% berada di arah utara dengan kecepatan beragam dari 5,7 m/s – 11,1 m/s, dan beberapa arah dominan angin yang berada di bawah persentase 12% dengan kecepatan dari 3,6 m/s – 11,1 m/s.



**Gambar 4. 9** Windrose Bulan Juli

Sumber data : Olah data 2021

Selain itu, terdapat grafik distribusi angin yang telah disesuaikan dengan nilai kecepatan angin berhembus seperti pada gambar 4.10, ketika dilihat dari gambar grafik tersebut terdapat 5 kelas angin, dari kecepatan terendah 2,1 m/s sampai 11,1 m/s.

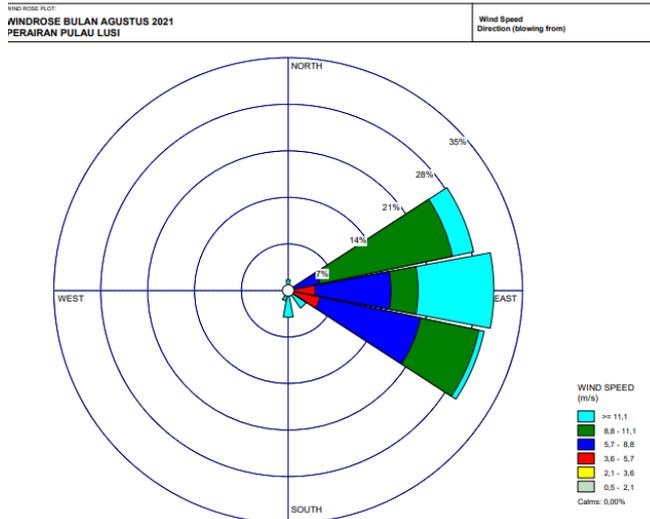


**Gambar 4. 10** Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas

Sumber data : Olah data 2021

Jika dilihat dengan detail bahwa nilai kelas angin memiliki persentase berbeda-beda, nilai kecepatan angin dari 2,1 m/s – 3,6 m/s memiliki nilai persentase hanya 3,2%, pada kelas angin dari kecepatan 3,6 m/s – 5,7 m/s memiliki nilai persentase lebih rendah dibanding sebelumnya 2,4%. Pada kelas angin dengan kecepatan 5,7 m/s – 11,1 m/s memiliki persentase lebih tinggi dengan nilai 12% dan sedangkan nilai persentase kecepatan angin dengan kelas  $\geq 11,1$  m/s memiliki nilai yang paling tinggi dari berbagai arah angin berhembus dengan nilai 70%. Ketika angin dengan persentase 70% dengan kecepatan berhembus akan memberikan dampak atau efek terhadap perairan, dengan nilai kecepatan berhembus  $\geq 11,1$  m/s permukaan air tersebut akan membentuk sebuah gelombang atau biasa disebut dengan riak-riak air ke arah angin yang berhembus tersebut (Habibie, et al., 2011). Kecepatan angin yang berhembus pada permukaan air memiliki batasan hingga 10 m diatas permukaan air yang akan berdampak terhadap pembentukan gelombang air tersebut.

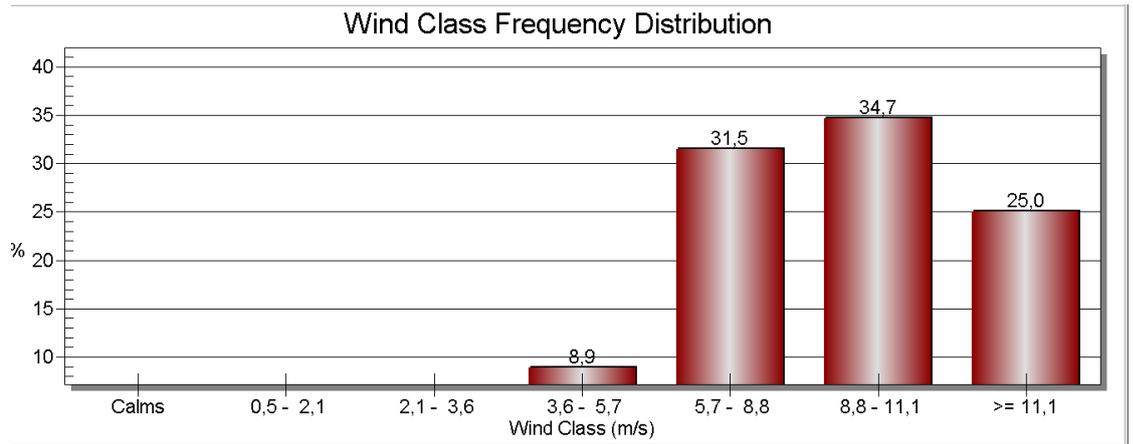
Pada Bulan Agustus arah dan kecepatan angin yang berhembus berasal dari timur laut hingga ke tenggara, akan tetapi arah timur yang memiliki lebih tinggi dibandingkan dari timur laut dan tenggara dengan nilai persentase 30%. Angin yang mengarah ke timur memiliki kecepatan yang beragam yang dari kecepatan angin 2,1 m/s – 11,1 m/s, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4. 11** Windrose Bulan Agustus

Sumber data : Olah data 2021

Angin yang mengarah ke timur laut memiliki persentase 28 % yang terdiri dari kecepatan angin 5,7 m/s – 11,1 m/s, sedangkan angin yang mengarah ke bagian tenggara dengan persentase 29% dan memiliki kecepatan angin yang beragam dari 2,1 m/s – 11,1m/s. Arah angin yang memiliki kecepatan angin 11,1 m/s juga mengarah ke bagian selatan akan tetapi nilai persentase tersebut terbilang kecil hanya dibawah 7%. Jika dilihat dengan tabel distribusi klasifikasi kelas angin pada Bulan Agustus seperti pada gambar 4.12.



**Gambar 4. 12** Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas

Sumber data : Olah data 2021

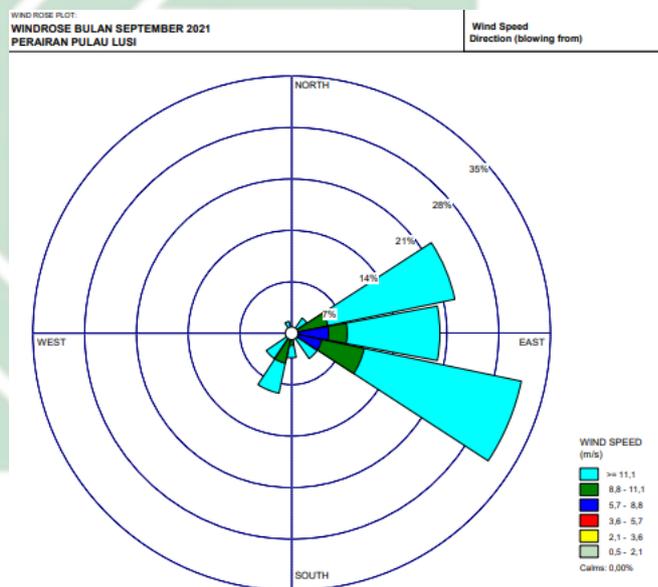
Hasil klasifikasi kelas distribusi angin bahwa kelas angin dengan kecepatan 3,6 m/s – 5,7 m/s memiliki persentase terendah dengan nilai 8,9%, pada kelas distribusi 5,7 m/s – 8,8 m/s memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan kelas sebelumnya dengan persentase kelas 31,5 %. Pada kelas distribusi angin 8,8 m/s – 11,1 m/s memiliki nilai sedikit lebih tinggi dengan nilai persentase 34,7% dan pada kelas distribusi angin  $\geq 11,1$  memiliki nilai lebih rendah hanya 25%.

Jika dilihat dari hasil tersebut bahwa angin rata-rata yang berhembus pada Bulan Agustus berada pada kelas 5,7 m/s – 11,1 m/s. Bulan Agustus merupakan termasuk bulan transisi dimana sebelum memasuki musim peralihan, sehingga pola distribusi angin bergerak ke arah horizontal menuju ke barat (Haryanto, et al., 2020) . Maka dari itu terdapat hasil dengan kecepatan angin

11,1 m/s mengarah menuju ke barat walaupun nilai tersebut hanya dibawah 7%.

## 2. Musim Peralihan II (Bulan September – Bulan Oktober)

Pada Bulan September hasil dari pengolahan data angin menggunakan Wr Plot bahwa arah angin dominan berhembus mengarah ke tenggara dengan nilai persentase distribusi hampir 33%, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13.

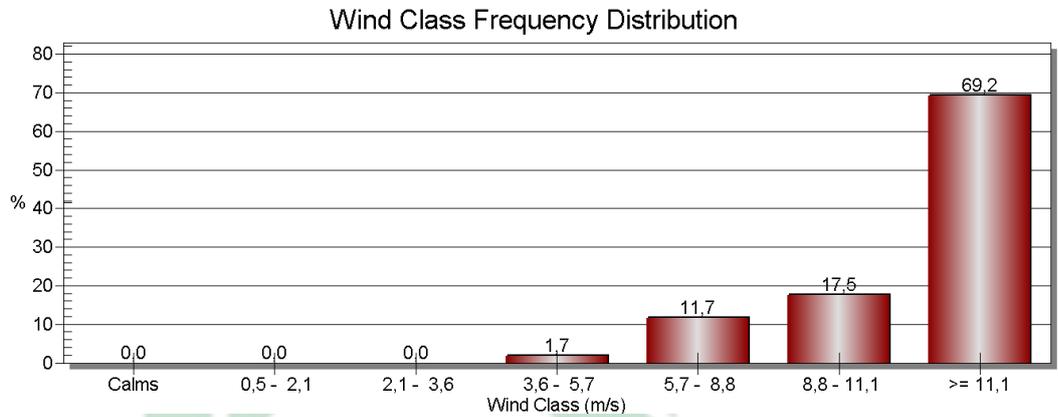


**Gambar 4. 13** Windrose Bulan September

Sumber data : Olah data 2021

Pada hasil pola distribusi Bulan September memiliki keberagaman arah akan yang dimana pada musim peralihan angin yang berhembus perlahan akan menuju arah barat. Jika dilihat dari gambar 4.13 bahwa nilai persentase dominan lebih tinggi pada wilayah timur laut hingga ke tenggara, dengan nilai persentase

kecepatan angin 11,1 m/s 20% hingga 33%. Jika dilihat dari klasifikasi distribusi kelas angin, maka akan mengetahui kelas persentase setiap kelasnya.



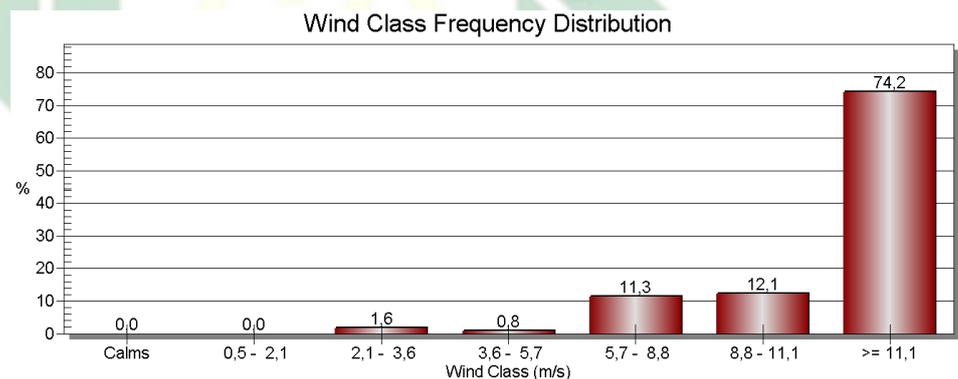
**Gambar 4. 14** Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas

Sumber data : Olah data 2021

Kelas distribusi angin pada Bulan September menunjukkan bahwa nilai dengan persentase terendah berada dikelas 3,6 m/s – 5,7 m/s dengan nilai persentase 1,7 %, kelas distribusi angin 5,7 m/s – 8,8 m/s memiliki persentase 10 kali lipat dibandingkan kelas sebelumnya sebesar 11,7%. Pada kelas distribusi angin 8,8 m/s – 11,1 m/s memiliki nilai persentase 17,6%, dan sedangkan dengan kelas distribusi angin  $\geq 11,1$  m/s memiliki nilai paling tinggi setelah bulan Juli dengan nilai 69,2%. Jika dilihat bahwa nilai angin  $\geq 11,1$  m/s dengan nilai tertinggi ke dua, hal tersebut terdapat pengaruh terhadap kondisi angin yang berhembus dari wilayah selat madura. Angin berhembus dari tempat dengan suhu tinggi ke rendah, maka dari itu terdapat kemungkinan pada bulan



utara nilai tersebut berada di bawah 16 %. Nilai dari persentase terendah pada arah barat daya mendekati arah barat 1%, dan keberagam kecepatan hembusan angin yang berada pada bulan oktober dari kecepatan 2,1 m/s – 11,1 m/s. Dapat dilihat nilai terendah pada Bulan Oktober kecepatan angin berada di 2,1 m/s. nilai kecepatan rata-rata hembusan angin pada Bulan Oktober berada dikisaran 14,24 m/s. Pola distribusi juga dapat dilihat melalui kelas distribusi angin pada grafik dengan persentase sehingga memberikan nilai gambaran dengan jelas dan detail pada bulan tersebut.



**Gambar 4. 16** Frekuensi distribusi angin sesuai dengan kelas

Sumber data : Olah data 2021

Kelas distribusi angin pada Bulan Oktober memberikan gambaran melalui gambar 4.16, bahwa nilai terendah berada pada kelas 2,1 m/s – 3,6 m/s dengan nilai 1,6 %. Pada kelas 3,6 m/s – 5,7 m/s memiliki nilai persentase dibawah kelas sebelumnya dengan nilai 0,8%, sedangkan nilai kelas distribusi angin 5,7 m/s – 8,8 m/s naik 10 kali lipat dengan nilai persentase 11,3%. Kelas

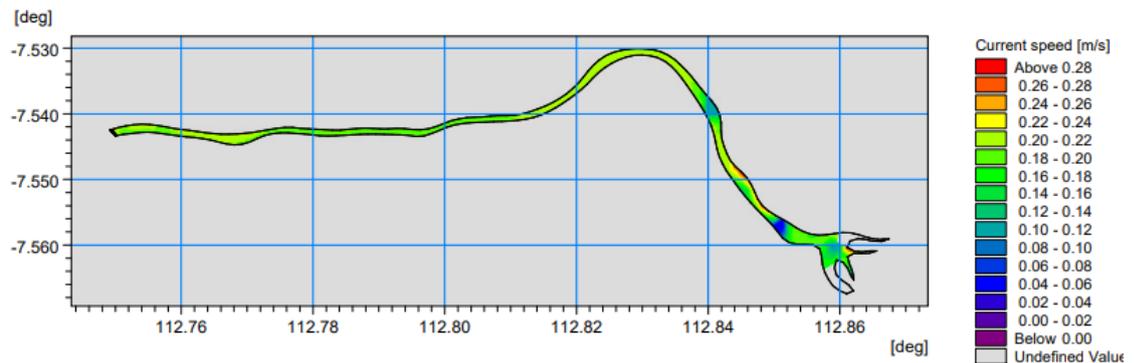
distribusi angin 8,8 m/s – 11,1 m/s hanya naik 1% dengan kelas sebelumnya 12,1%, pada kelas  $\geq 11,1$  m/s nilai ini paling tinggi dibandingkan dengan 3 bulan sebelumnya dengan nilai persentase 74,2%.

Jika dilihat dari hasil (*Wheater spark*, 2021) bahwa suhu pada Kabupaten Sidoarjo mengalami peningkatan  $1^{\circ}\text{C}$  dibandingkan bulan sebelumnya, sehingga akan memberikan pengaruh terhadap arah hembusan angin. Kenaikan suhu tersebut terjadi pada tanggal 28 Oktober dengan nilai suhu tertinggi  $34^{\circ}\text{C}$ , dan mengalami penurunan kembali satu derajat pada akhir bulan.

#### **4.2.3 Arus**

##### **1. Musim Timur (Bulan Juli – Bulan Agustus)**

Ketika angin yang berhembus mengenai suatu perairan akan memberikan efek terhadap perairan tersebut membentuk pergerakan gelombang maupun arus. Arus merupakan dampak dari tekanan angin dan pergerakan komponen pada dasar perairan (Pranowo, et al., 2016), bahwa arus pada aliran sungai akan dipengaruhi terhadap pola persebaran angin, sedimentasi, dan pasang surut pada muara.



**Gambar 4. 17** Kecepatan arus pada Bulan Juli

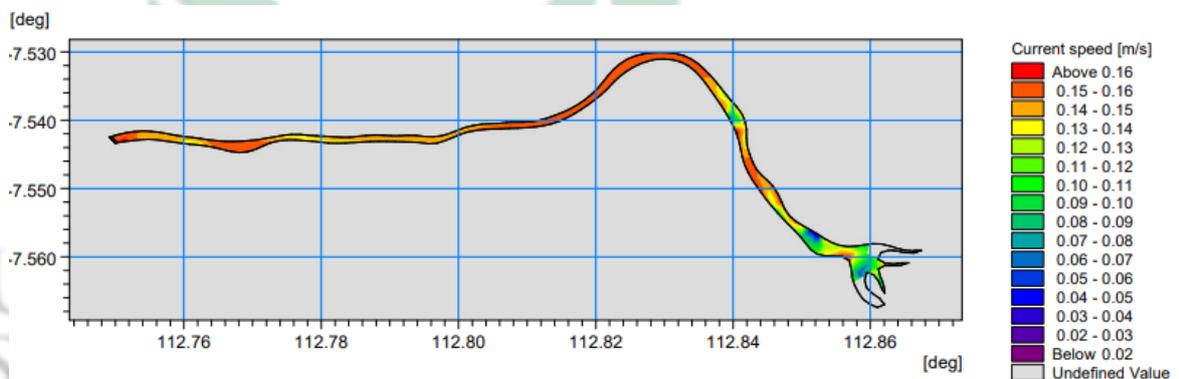
Sumber : Olah data 2021

Dari hasil pengolahan data bahwa kecepatan arus pada Bulan Juli dapat dilihat melalui hasil pemodelan pada gambar 4.17, kecepatan arus pada setiap stasiun memiliki jangkauan yang berbeda-beda. Pada stasiun 1 kecepatan arus berada pada 0,14 m/s – 0,20 m/s, jika dilihat nilai tersebut termasuk kategori kecepatan arus rendah ke sedang (Sari & Usman, 2012). Hal tersebut disebabkan adanya air masuk yang memiliki perbedaan ketinggian sebelum memasuki aliran sungai Kali Porong, maka dari itu arus dari air saat jatuh akan lebih deras atau cepat. Berbeda dengan stasiun 2, pada wilayah penelitian stasiun 2 kecepatan arus cenderung lebih stabil dengan kecepatan arus 0,14 m/s – 0,20 m/s.

Pada hasil pemodelan kecepatan arus di stasiun 3 dan 4 berbeda dengan kondisi dibandingkan stasiun sebelumnya. Pengaruh terhadap pasang surut di wilayah tersebut akan memberikan efek juga terhadap kecepatan arus. Maka dari itu kecepatan arus pada stasiun 3 dari 0,18 m/s – 0,20 m/s, jika

dimasukan kedalam kategori termasuk kecepatan arus sedang. Sedangkan, stasiun 4 lebih memiliki keberagaman kecepatan arus dari kecepatan 0,04 m/s – 0,28 m/s. pada wilayah tersebut terdapat pengaruh terhadap berbagai aliran sungai yang mengarah pada perairan sungai Kali Porong, salah satunya aktivitas *silvofishery*.

Kondisi kecepatan arus pada Bulan Agustus akan berbeda dengan bulan sebelumnya, jika dilihat dari hasil model pada gambar 4.18 bahwa nilai tertinggi pada kecepatan arus berada 0,17 m/s. Jika dilihat per stasiun cenderung lebih rendah bahkan bisa dikategorikan kecepatan arus dengan kekuatan rendah. Kategori kecepatan arus rendah berkisar dari 0 m/s – 0,25 m/s, sehingga pada Bulan Agustus termasuk kategori rendah atau lambat.



**Gambar 4. 18** Kecepatan arus pada Bulan Agustus

Sumber : Olah data 2021

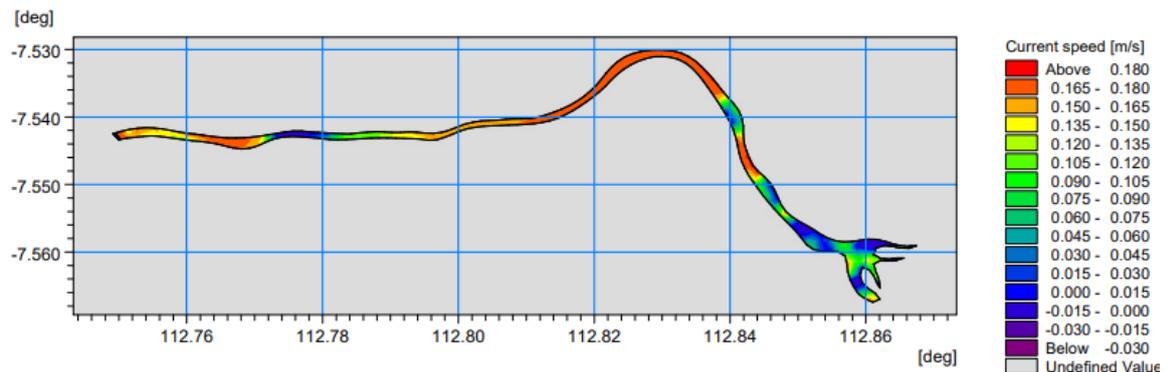
Stasiun 1 memiliki kecepatan arus 0,16 m/s, nilai tersebut termasuk kategori tinggi pada bulan ini. Terdapat faktor utama pada kecepatan arus dialiran sungai yaitu kekuatan angin

berhembus. Selain itu terdapat kemungkinan juga terhadap pengaruh air yang masuk ke aliran sungai Kali Porong.

Kondisi pada stasiun 2 berbeda lebih rendah kecepatan arus dari 0,13 m/s – 0,15 m/s, nilai tersebut lebih rendah 1 m/s dibandingkan pada stasiun 1. Sedangkan pada stasiun 3 memiliki kecepatan arus maksimal diberbagai wilayahnya dengan nilai 0,16 m/s dan kondisi berbeda dengan stasiun 4 memiliki nilai terendah pada kecepatan arus 0,03 m/s dibagian wilayah selatan perairan Pulau Lusi. Akan tetapi, kondisi tersebut pada stasiun hanya memiliki kecepatan arus maksimal 0,16 m/s hanya berada dibagian tenggara Pulau Lusi. Sebagian besar kecepatan arus diperairan Pulau Lusi berada dijangkauan 0,04 m/s hingga 0,13 m/s. Jika ditinjau kembali dari hasil pola distribusi angin pada Bulan Agustus kecepatan rata-rata berada dikelas 5,7 m/s – 8,8 m/s dan 8,8 m/s – 11,1 m/s, maha hal tersebut jika mengenai permukaan perairan akan mengurang karena nilai hembusan angin berada di atas permukaan 10 meter.

## 2. Musim Peralihan (Bulan September – Bulan Oktober)

Hasil pemodelan pada musim peralihan II bulan pertama dapat dilihat melalui pemodelan arus pada aliran sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi pada gambar 4.19.



**Gambar 4. 19** Kecepatan arus pada Bulan September

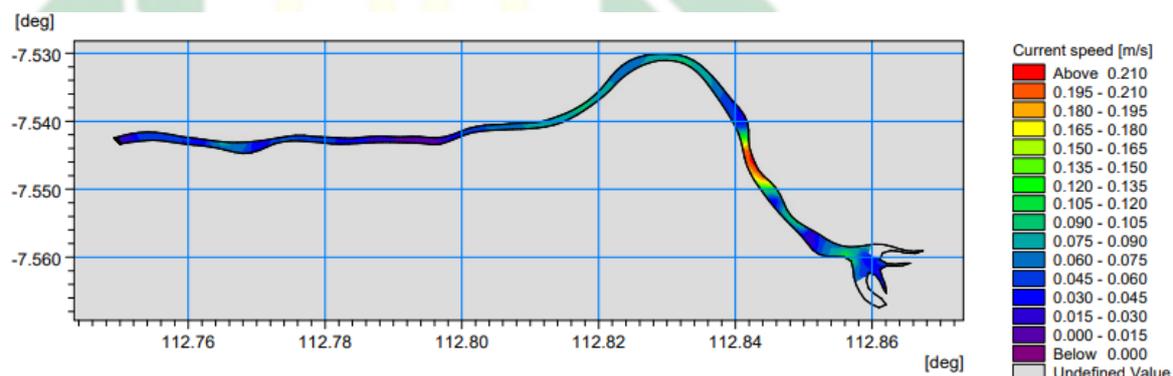
Sumber : Olah data 2021

Pada Bulan September kecepatan arus cenderung stabil jika dilihat dari kategori warna, dari stasiun 1 hingga stasiun 3. Kecepatan arus pada stasiun 1 hingga stasiun berkisar 0,015 m/s – 0,16 m/s, sedangkan pada stasiun 3 terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan terhadap kecepatan arus dari 0,165 m/s – 0,18 m/s. Pada stasiun 4 nilai terendah pada kecepatan arus 0,015 m/s berada dibagian selatan menuju barat daya. Kecepatan arus pada Bulan September cenderung termasuk kategori rendah dengan kecepatan tertinggi hanya 0,18 m/s (Sari & Usman, 2012) dan terjadi dibagian wilayah tenggara Pulau Lusi.

Pada wilayah stasiun 3 menuju ke stasiun 4, terdapat satu wilayah diarah barat daya yang memiliki kecepatan arus rendah 0,015 m/s dan diwilayah sekitarnya kecepatan arus 0,075 m/s – 0,12 m/s. Hal tersebut bisa terjadi jika pada wilayah tersebut mengalami pengendapan sedimentasi tinggi (Dwinanto, et al., 2017), bahwa aliran sungai Kali Porong dijadikan tempat

bertransfer sedimen dari lumpur lapindo sehingga terdapat pengendapan pada wilayah muara menjadikan beberapa gundukan tanah yang membentuk pulau salah satunya Pulau Lusi. Pelambatan kecepatan arus bisa terjadi dari faktor angin maupun komposisi pada dasar lantai perairan.

Pada bulan Oktober menunjukkan model berbeda dengan keberagaman kecepatan arus, stasiun 1 memiliki kecepatan arus sekitar 0,06 m/s – 0,09 m/s, akan tetapi didominasi kecepatan arus dengan kategori warna biru tua dan biru muda, dapat dilihat pada pemodelan gambar 4.20.



**Gambar 4. 20** Kecepatan arus pada Bulan Oktober

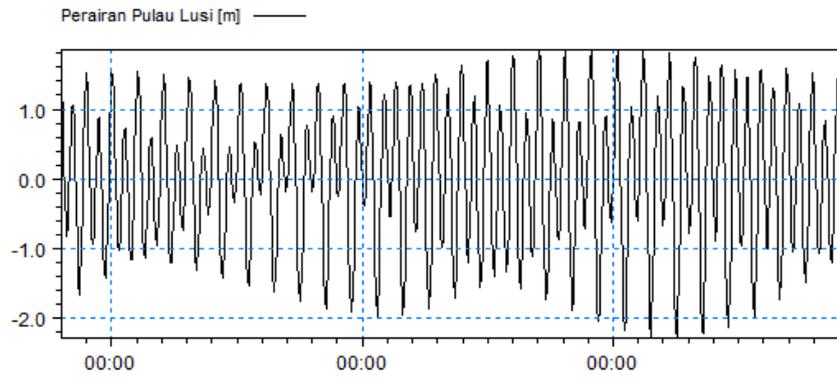
Sumber : Olah data 2021

Pada stasiun 2 nilai kecepatan arus lebih rendah dengan kecepatan 0,06 m/s – 0,09 m/s, nilai tersebut termasuk kedalam kategori arus paling rendah. Kecepatan arus dengan nilai 0,105 m/s – 0,15 m/s berada distasiun 3, akan tetapi nilai kecepatan arus 0,12 m/s berada dibagian utara stasiun 3 dan pada stasiun 4 nilai kecepatan arus berada pada kisaran 0,015 m/s – 0,135 m/s.

Sepanjang aliran sungai dari stasiun 3 hingga stasiun 4 terdapat kecepatan arus maksimal yang berada dibagian timur laut dengan warna merah pada gambar 4.20, dengan nilai kecepatan arus 0,21 m/s. jika dilihat dengan seksama hasil kecepatan arus pada stasiun 3 hingga stasiun 4 beragam, hal tersebut bisa terjadi sebab pada wilayah tersebut terdapat aktivitas *silvofishery* dan sirkulasi dari pasang surut yang terdiri dari Selat Madura. Maka dari itu, kecepatan arus ada yang dari paling rendah hingga tinggi. Kecepatan arus pada Bulan Oktober cenderung termasuk kategori kecepatan arus sedang. Kecepatan arus terbagi menjadi tiga, dari 0 m/s – 0,25 m/s kategori rendah, kecepatan arus 0,25 m/s – 0,50 m/s kategori kecepatan arus sedang, dan kecepatan arus dari 0,50 m/s – 1 m/s kategori kecepatan arus cepat (Sari & Usman, 2012).

#### **4.2.4 Pasang Surut**

Data pasang surut tersebut diperoleh dari data prediksi yang menggunakan fitur mike zero untuk mendapatkan hasil grafik tersebut. Data pasang surut yang telah tersaji dan dianalisis kondisi pasang surut yang terjadi dari pasang tertinggi hingga ke pasang terendah pada gambar 4.21.



**Gambar 4. 21** Grafik pasang surut perairan pulau Lusi

Sumber : Pengolahan data pribadi 2021

Pasang surut pada musim timur hingga musim peralihan juga dapat dilihat dari 8 komponen yang mempengaruhi bilangan Fromzhal, bilang tersebut seperti pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Komponen pasang surut

| No | Komponen | Amplitudo |
|----|----------|-----------|
| 1  | M2       | 1.2401    |
| 2  | S2       | 0.2279    |
| 3  | K1       | 0.4695    |
| 4  | O1       | 0.2421    |
| 5  | N2       | 0.2733    |
| 6  | P1       | 0.1474    |
| 7  | K2       | 0.2107    |
| 8  | Q1       | 0.0505    |
| 9  | F        | 0.48474   |

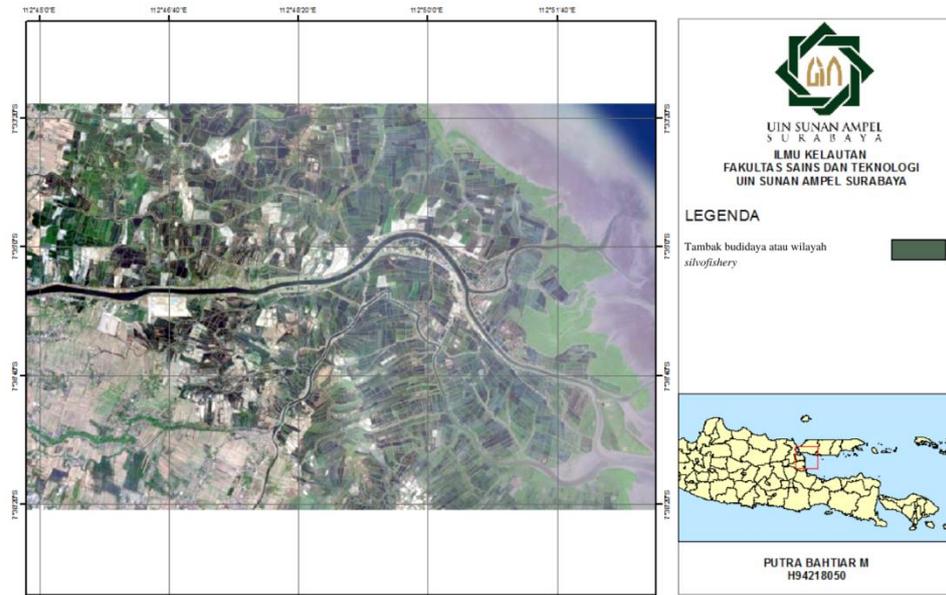
Jenis pasang surut pada bulan Agustus cenderung sama dengan bulan sebelumnya yaitu bulan Juli 2021, yang dimana pasang surut tipe campuran ganda atau semi diurnal. Tipe tersebut terjadi dalam waktu kurun 1 hari akan tetapi berbeda nilai tinggi pasang surut dan periode (Setyawa & Pamungkas, 2017). Nilai

pasang surut yang terjadi diperairan Pulau Lusi selama dua musim tersebut menunjukkan hal yang sama sehingga selama empat bulan tersebut jenis pasang surut pada perairan Pulau Lusi tipe ganda atau semi diurnal.

#### 4.3 Pemodelan Mikroplastik

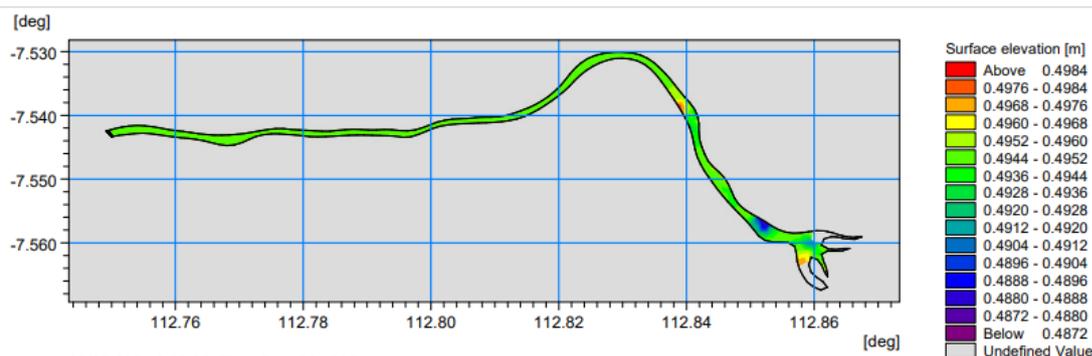
Pemodelan dengan menggunakan software mike dengan modul PTM (*Particle Tracking Modul*) memiliki manfaat mengetahui pola persebaran mikroplastik yang berada disepanjang aliran sungai Kali Porong hingga ke Pulau Lusi. Pada wilayah perairan Pulau Lusi terdapat wilayah paling penting terhadap pemodelan ini yaitu wilayah *silvofishery* atau kegiatan budidaya ikan menggunakan hutan mangrove. Pemodelan mikroplastik yang dilakukan oleh peneliti, dilaksanakan pada musim timur dan musim peralihan II. Maka dari itu, hasil pemodelan dilihat sesuai dengan musim timur dan musim peralihan seberapa jauh mikroplastik akan mencemari pada wilayah *silvofishery*.

*Silvofishery* merupakan satu kegiatan manusia dengan mengintegrasikan dengan lingkungan terutama pada kegiatan tambak menggunakan ekosistem mangrove, hal tersebut merupakan sebuah keuntungan sistem budidaya dengan menggunakan sarana ekologi yang ada. Pulau Lusi merupakan salah satu tempat *silvofishery* dengan menggunakan kegiatan perikanan dan ekowisata Pulau Lusi untuk mendukung peningkatan ekonomi (Musa, et al., 2020). Peta wilayah bagian *silvofishery* atau tambak dapat dilihat pada gambar 4.22.



**Gambar 4. 22** Peta wilayah silvofishery

Sebelum pemodelan maka dilakukan validasi model pasang surut digunakan untuk melihat model saat distribusi mikroplastik pada perairan Pulau Lusi. Faktor arus pasang surut juga mempengaruhi terhadap pola distribusi mikroplastik yang berada distasiun 3 hingga stasiun 4. Pola arus pasang surut dapat dilihat pada gambar 4.23, warna pemodelan cenderung beragam diantara stasiun 3 menuju stasiun 4. Bahwa menandakan pola distribusi mikroplastik diwilayah tersebut dipengaruhi arus pasang surut.

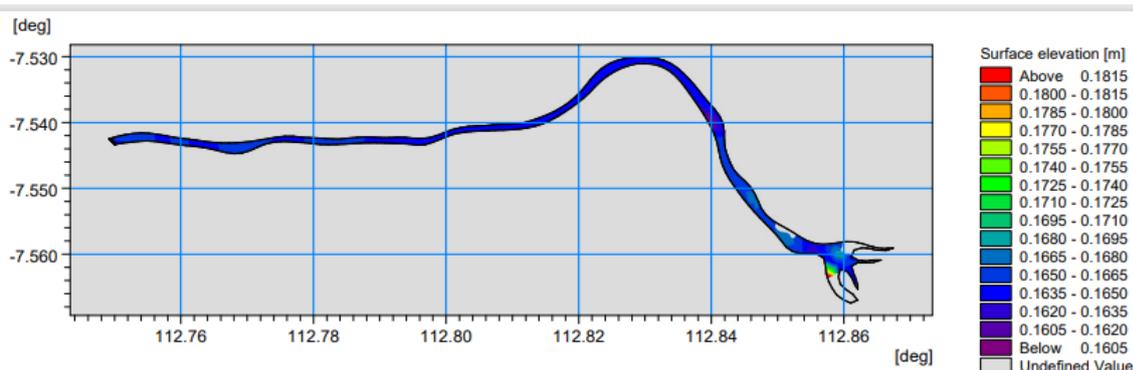


**Gambar 4. 23** Pemodelan pasang surut tertinggi

Sumber : Olah data 2021

Nilai pasang tertinggi pada angka 49,76 cm dengan berada diwilayah perairan pulau Lusi diwilayah barat daya, selain itu rata-rata pasang pada wilayah lain pada kisaran 49,36 cm – 49,6 cm. Sedangkan pada wilayah kali Porong pasang tertinggi hanya berada diangka 49,28 cm – 49,36 cm.

Pemodelan pasang surut terendah pada diwilayah perairan pulau Lusi dapat dilihat melalui gambar 4.24.



**Gambar 4. 24** Model pasang surut tertinggi

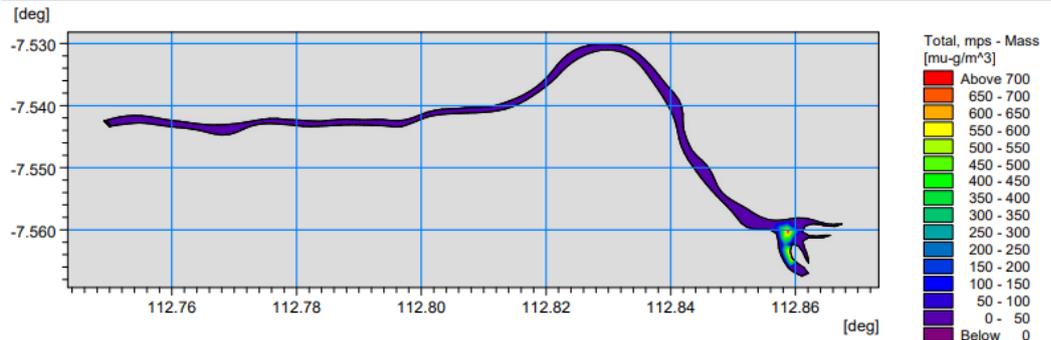
Sumber : Olah data 2021

Pasang surut tertinggi terjadi di beberapa titik stasiun 4 serta berada dibagian barat daya pulau Lusi yang berwarna merah. Nilai surut berada 16,8 cm dan nilai pasang sedang yang berada distasiun 3 yaitu 16,35 hingga 16,8 cm. Pada aliran sungai terdapat nilai surut terendah yaitu 16,35 cm yang berada dibarat laut pulau Lusi. Pada perairan pulau Lusi pasang terendah berada dinilai 16,35 cm dan nilai pasang surut sedang dengan nilai 16,35 cm hingga 18,15 cm.

Ketika pasang surut terjadi maka akan memberikan pengaruh terhadap pola distribusi mikroplastik, perairan Pulau Lusi mengalami pasang maka mikroplastik yang berada dipermukaan air dan kolom air akan bergerak sesuai dengan arah arus pasang dan hembusan angin. Pada saat pasang distribusi mikroplastik cenderung lebih cepat memasuki wilayah *silvofishery* dan akan mudah mencemari wilayah tambak. Sedangkan ketika surut sebaliknya pola distribusi mikroplastik yang berada diperairan Pulau Lusi cenderung melambat dan mikroplastik akan tersangkut dipinggiran perairan dan belum memasuki wilayah tambak akan tetapi berpengaruh terhadap biota asosiasi di hutan mangrove Pulau Lusi.

#### **4.3.1 Musim Timur**

Pemodelan pada musim timur dilakukan dari Bulan Juli hingga Bulan Agustus, hasil dari pemodelan pada Bulan Juli untuk mengetahui pola distribusi mikroplastik pada wilayah aliran sungai hingga perairan Pulau Lusi dapat dilihat pada gambar 4.25.



**Gambar 4. 25** Pola distribusi mikroplastik Bulan Juli

Sumber : Olah data 2021

Dari hasil pemodelan tersebut arah dari pasang surut, arus dan angin yang berhembus mengarah ke wilayah bagian tenggara menuju ke timur, hasil tersebut dapat dilihat melalui anak panah yang mengarah saat pemodelan berlangsung. Wilayah *silvofishery* terletak dari stasiun 3 hingga stasiun 4, wilayah yang berdampak pada pola distribusi mikroplastik tersebut berada dibagian wilayah selatan, tenggara dan timur. Pada wilayah tersebut banyak tambak budidaya, dan sirkulasi air pada tambak budidaya tersebut menggunakan sistem pintu air dari air di wilayah estuari. Terdapat terjadi kemungkinan potensi terhadap biota budidaya yang terkontaminasi oleh limbah mikroplastik tersebut. Material mikroplastik yang telah tersuspensi maupun yang berada dipermukaan menjadi ancaman bagi biota.

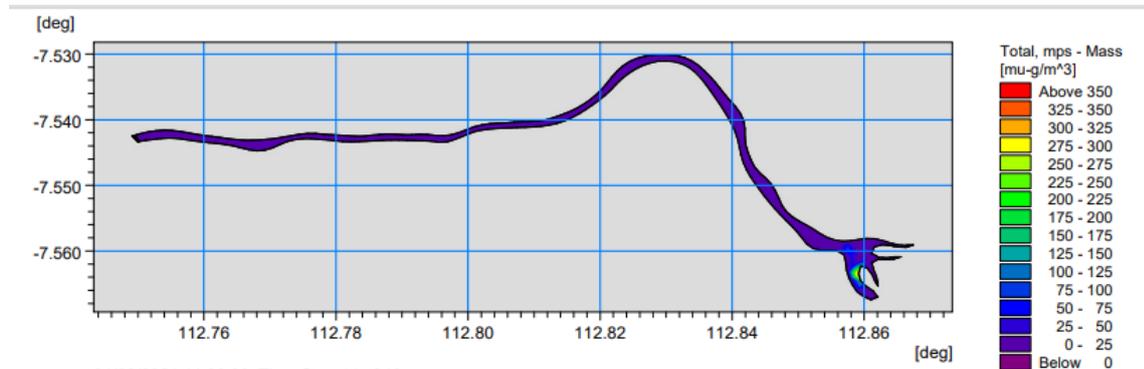
Jika dilihat hasil tersebut pola distribusi mengarah ke bagian timur hingga tenggara, sehingga yang terkena dampak limbah mikroplastik tersebut berada di pinggiran Pulau Lusi dan

wilayah timur laut dari aliran sungai. limbah mikroplastik dapat dilihat pada warna saat pemodelan, yang dimana simulasi model menggunakan limbah mikroplastik sebanyak 5 mg yang dari referensi (Pangestu, et al., 2016)

Faktor arus merupakan salah satu faktor yang dapat mempercepat pola distribusi mikroplastik pada wilayah perairan tersebut. Kecepatan arus pada bulan ini cenderung rendah dengan kisaran 0,14 m/s – 0,20 m/s, kecepatan arus tersebut merupakan kecepatan arus menuju kategori sedang. Ketika air dari aliran sungai memasuki muara akan ada persebaran melalui percabangan di wilayah perairan Pulau Lusi. Hal tersebut dapat dilihat dari warna hijau pada pemodelan yang dimana warna tersebut untuk mewakili pola distribusi mikroplastik. Warna tersebut akan memudar dan meluas ke beberapa wilayah dan pengaruh arus pasang surut memberikan efek juga pada pola persebarannya.

Selain itu, pada wilayah tersebut sangat berpotensi terhadap nilai akumulasi mikroplastik dari aliran sungai Kali Porong. Terdapat faktor lain juga terhadap pola distribusi mikroplastik pada wilayah tersebut yaitu sedimentasi yang tersuspensi yang telah bercampur limbah mikroplastik. Pada bagian wilayah *silvofishery* atau tambak budidaya terdapat aliran sungai kecil yang digunakan untuk menggunakan siklus pergantian air tambak. Para pembudidaya tersebut menggunakan sistem tersebut untuk sebuah keuntungan terhadap siklus pergantian air, akan tetapi terdapat

bahaya yang belum diketahui. Bahaya tersebut adalah limbah mikroplastik, yang memiliki ukuran mikro, bahkan jika sudah terdegradasi akan menjadi sebuah ukuran nano.



**Gambar 4. 26** Pola distribusi mikroplastik Bulan Agustus

Sumber : Olah data 2021

Hasil pemodelan mikroplastik pada Bulan Agustus bahwa pola distribusi mikroplastik bahwa mengarah ke bagian timur laut hingga ke tenggara yang dapat dilihat pada gambar 4.26, warna tersebut mengerah ke Pulau Lusi dan aliran cabang muara di timur laut Pulau Lusi. Kecepatan arus pada bulan ini berkisar 0,15 m/s – 0,16 m/s untuk wilayah dari stasiun 1 hingga ke stasiun 3, sedangkan stasiun 4 kecepatan arus maksimal berada 0,14 m/s dan dibeberapa titik dengan kecepatan paling rendah 0,04 m/s.

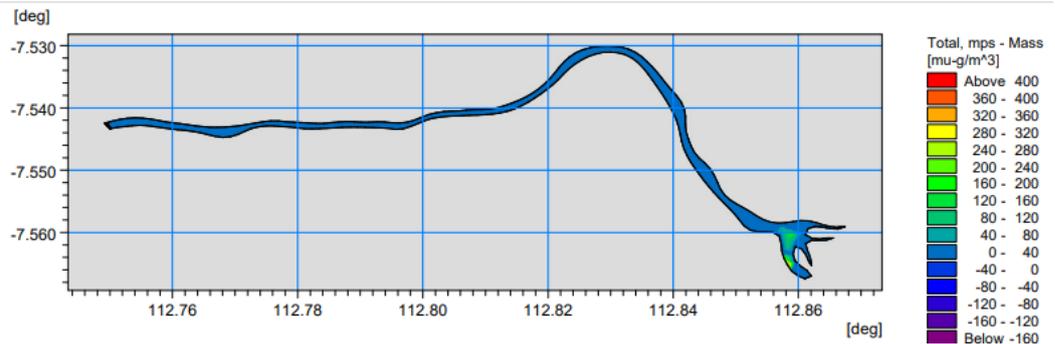
Sebaliknya kecepatan arus maksimal hanya berada di aliran sungai yang menuju ke perairan Pulau Lusi, dan pada perairan Pulau Lusi cenderung lebih rendah kecepatannya. Faktor akumulasi dari limbah lumpur lapindo yang membuat pelambatan nilai kecepatan arus pada wilayah tersebut, walaupun terdapat

faktor lain kecepatan arus dari pasang surut. Maka di beberapa titik diperairan Pulau Lusi kecepatan hanya berada di kecepatan arus 0,12 m/s pada Bulan Agustus.

Pemodelan pada bulan ini cenderung lebih rendah pola distribusinya, bahwa dapat dilihat dari arus pada bulan ini cenderung rendah dibandingkan pada Bulan Juli yang bisa mencapai 0,20 m/s di atasnya. Warna pemodelan distribusi mikroplastik cenderung lebih rendah atau tidak mencolok dan warna hijaunya merata dibagian timur laut Pulau Lusi. Pada bagian barat daya Pulau Lusi didekan dermaga cenderung lebih terang dan terdapat kemungkinan mikroplastik yang berasal dari aliran sungai terakumulasi dibagian tersebut.

#### **4.3.2 Musim Peralihan II**

Hasil pemodelan pada Bulan September mengarah ke wilayah bagian tenggara, warna pada gambar pemodelan mikroplastik, arah tersebut sebagai perwakilan arah dari aktivitas hidrodinamika pada aliran sungai kali Porong hingga ke Perairan Pula Lusi. Pemodelan mikroplastik pada Bulan September dapat dilihat pada gambar 4.27.



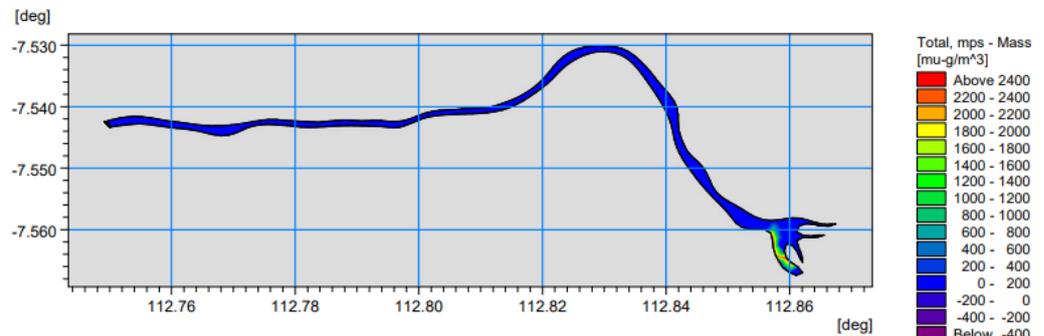
**Gambar 4. 27** Pola distribusi mikroplastik Bulan September

Sumber : Olah data 2021

Kecepatan arus pada Bulan September dari stasiun 1 hingga stasiun 3 berada dinilai 0,14 m/s – 0,18 m/s, dan sedangkan pada stasiun 4 kecepatan arus 0,015 m/s – 0,15 m/s. jika dilihat melalui hasil kecepatan arus model distribusi pada perairan Pulau Lusi cenderung melambat dibandingkan pada stasiun 3, kecepatan arus yang tinggi akan membuat pola distribusi limbah mikroplastik akan cepat terdistribusi.

Jika dilihat dari pemodelan mikroplastik pada bulan ini lebih mengarah dibagian utara Pulau Lusi mengarah ke timur dan mikroplastik di perairan Pulau Lusi mengarah dibagian timur hingga selatan. Pada hasil pemodelan tersebut warna hijau yang berada di perairan Pulau Lusi cenderung melambat sebab arus tersebut berada di rata-rata 0,015 m/s – 0,030 m/s.

Pada Bulan Oktober hasil pemodelan mikroplastik dapat dilihat pada gambar 4.28.



**Gambar 4. 28** Pola distribusi mikroplastik Bulan Oktober

Sumber : Olah data 2021

Hasil pemodelan mikroplastik pada Bulan Oktober menampilkan bahwa pola distribusi mikroplastik lebih mengarah ke wilayah bagian barat daya yang ditunjukkan dengan warna seperti gambar 4.28. Kecepatan arus pada Bulan Oktober berkisar dari 0,09 m/s pada bagian stasiun 3 dan stasiun 4 memiliki kecepatan rata-rata 0,09 m/s dibagian barat daya perairan Pulau Lusi serta dibagian timur laut bisa mencapai 0,18 m/s akan tetapi tidak secara menyeluruh. Kondisi tersebut memiliki pengaruh besar terhadap kecepatan angin yang berhembus pada Bulan Oktober, yang dimana bulan tersebut sebagai bulan peralihan menuju ke arah angin bagian barat.

Distirbusi mikroplastik pada bulan ini cenderung dari tenggara ke barat daya, jika dilihat dari hasil pemodelan warna tersebut mengarah di bagian barat daya dan barat dari Pulau Lusi dan pada bagian utara perairan distirbusi tersebut cenderung

mengarah ke bagian tenggara. Hanya bagian timur Pulau Lusi yang minim terkena paparan mikroplastik dari aliran sungai. Secara merata pada bulan ini mikroplastik terdistribusi merata dibagian seberang Pulau Lusi yang dimana terdapat tambak Nyambek.

Pola distribusi mikroplastik tersebut akan memasuki aliran sungai kecil untuk sistem sirkulasi air tambak budidaya. selain itu, biota asosiasi mangrove yang berada diwilayah Pulau Lusi akan berpotensi terkena dampak dari limbah mikroplastik tersebut, jika limbah tersebut sudah terdegradasi hingga bagian paling kecil akan berimbas terhadap bentuk makanan yang biasanya makan plankton sebagai makanan utama akan memakan juga mikroplastik yang memiliki ukuran sama dengan plankton tersebut.

Sistem *silvofishery* pada Pulau Lusi menggunakan tambak budidaya yang memiliki batasan dengan menggunakan lempung atau tanah basah untuk wilayah budidaya. Pada wilayah pinggiran atau batasan area tersebut ditanami pohon mangrove untuk menguatkan struktur tanah dari degradasi pasang surut air laut dan gelombang air laut yang terjadi. Selain itu, pohon mangrove memberikan banyak penghidupan pada biota sehingga terjadilah hubungan yang menguntungkan atau disebut dengan simbiosis mutualisme (Basyuni, et al., 2018). Jenis mangrove yang sering digunakan pada sistem silvofishery tersebut tipe mangrove mayor, seperti *Rhizophora sp* dan *Avicennia sp* dan waktu survei pendahuluan jenis mangrove yang sering ditemukan spesies

tersebut dan cocok tumbuh di wilayah Pulau Lusi dengan melihat kondisi ekosistem disana (Tefani, et al., 2019).

Jika mikroplastik tersebut hingga termakan oleh ikan-ikan tambak dengan skala besar akan berdampak buruk terhadap gangguan pencernaan dan hingga kematian disebabkan penumpukan kandungan mikroplastik (Madani & Ramansyah, 2020). Bahwa diketahui limbah mikroplastik kini memang tidak berpengaruh langsung terhadap biota akan tetapi jika dengan waktu lama biota tersebut akan memberikan dampak terhadap tingkat konsumsi ikan budidaya yang akan dikonsumsi. Pemerintah Indonesia telah mengatur tentang kebijakan terhadap pengelolaan sampah yang dimana terkandung pada UU No 18 Tahun 2008 dalam pasal 8 dan pasal 9, serta terkandung juga dalam lampiran undang-undang No 23 Tahun 2014 (Wahyudin, 2020)

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul pemodelan pola distribusi mikroplastik di Kecamatan Jabon, Sidoarjo sebagai berikut.

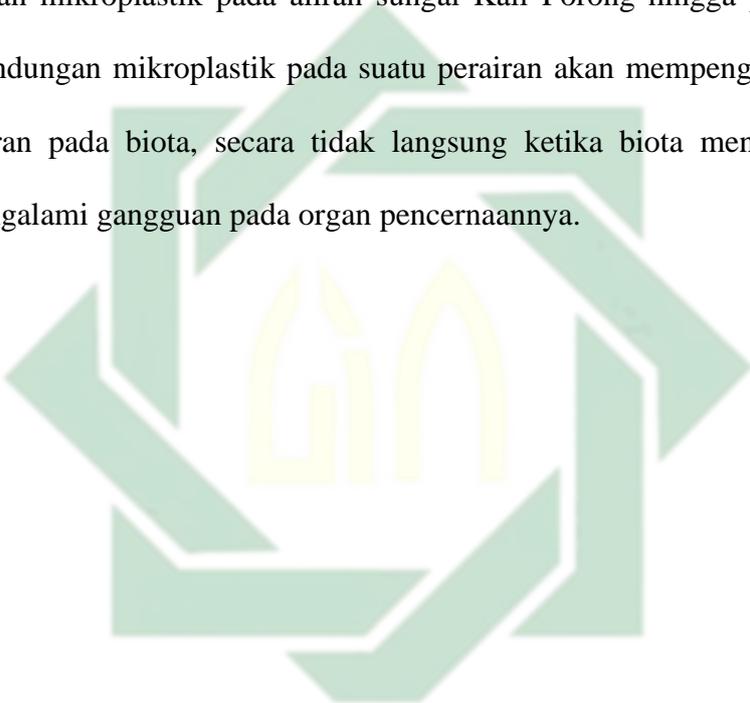
1. Kelimpahan mikroplastik yang telah ditemukan pada wilayah penelitian dari pintu masuk air sungai Kali Porong, penyebrangan perahu 1, penyebrangan perahu 2 dan perairan Pulau Lusi secara berturut-turut sebesar 1354 partikel/ m<sup>3</sup>, 1138 partikel/ m<sup>3</sup>, 957 partikel/ m<sup>3</sup>, dan 1410 partikel/ m<sup>3</sup>. Hal tersebut disebabkan bahwa perairan Pulau Lusi merupakan jalur terakhir yang dilalui aliran sungai Kali Porong sebelum menuju ke Selat Madura dan komposisi mikroplastik tersebut akan terakumulasi di wilayah tersebut.

2. Pemodelan mikroplastik dilakukan pada musim timur dan musim peralihan II, pada musim timur pola distribusi mikroplastik cenderung menuju ke arah timur hingga tenggara dengan jangkauan kecepatan arus 0,04 m/s – 0,24 m/s dan termasuk ke dalam kategori kecepatan arus rendah sampai sedang. Sedangkan musim peralihan II pola distribusi mikroplastik cenderung mengarah ke arah timur hingga ke bagian barat daya dengan jangkauan kecepatan arus sebesar 0,015 m/s - 0,21 m/s, sehingga wilayah tambak dengan

*silvofishery* yang berpotensi terdampak dilihat pola distribusi mikroplastik tersebut berada di bagian timur, tenggara, barat daya perairan Pulau Lusi.

## 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan secara waktu berkala untuk mengetahui kelimpahan mikroplastik pada aliran sungai Kali Porong hingga perairan Pulau Lusi. Kandungan mikroplastik pada suatu perairan akan mempengaruhi terhadap pencemaran pada biota, secara tidak langsung ketika biota mengkonsumsinya akan mengalami gangguan pada organ pencernaannya.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, T., Jumarang, I. & Ihwan, A., 2013. Simulasi Pola Sirkulasi Arus di Muara Kapuas Kalimantan Barat. *PRISMA FISIKA*, 1(1), pp. 33-39.
- Agustini, T., Jumarang, M. I. & Ihwan, A., 2013. Simulasi Pola Sirkulasi Arus di Muara Kapuas Kalimantan Barat. *Prisma Fisika*, I(1), pp. 33-39.
- Alosairi, Y., Al-Salem, S. & Al Ragum, A., 2020. Three-Dimensional Numerical Modelling of Transport, Fate and Distribution of Microplastics in The Northwestern Arabian/Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 161, pp. 1-15.
- Astuti, D. A., Wahyudi, J., Ernawati, A. & Aini, Q. S., 2020. Kajian Pendirian Usaha Biji Plastik di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Litbang*, 16(2), pp. 95-112.
- A'yun, N. Q., 2019. *Analisis Mikroplastik Menggunakan FT-IR pada Air, Sedimen, dan Ikan Belanak (Mugil cephalus) di Segmen Sungai Bengawan Solo yang Melintasi Kabupaten Gresik*, Surabaya: UIN Sunan Ampel.
- Bagaskara, I. G. D., Suteja, Y. & Hendrawan, I. G., 2020. Pemodelan Pergerakan Mikroplastik. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, VI(2), pp. 205-215.
- Bai, T., Xu, J., Ming, Z. & Chang, C.-M., 2021. Seawater Exchange Rates for Harbors Based on The Use of Mike21 Coupled with Transport and Particle Tracking Model. *Journal of Coastal Conservation*, 25(33), pp. 1-18.

- Basyuni, M., Yani, P. & Hartini, K. S., 2018. *Evaluation of Mangrove Management Through Community Based Silvofishery in North Sumatra, Indonesia*. Medan, IOP Conference Series : Earth and Environmental Science.
- Bayhaqi, A., Iskandar, R. M. & Surinati, D., 2017. Pola Arus Permukaan dan Kondisi Fisika Perairan di Sekitar Pulau Selayar pad Musim Peralihan 1 dan Musim Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(1), pp. 83-95.
- Boucher, J. & Friot, D., 2017. *Primary Microplastics in the Oceans*. Switzerland: IUCN.
- Browne, A. M. et al., 2011. Accumulation of Microplastics on Shorelines Worldwide: Sources and Sink. *Environmental Science and Technology*, pp. 9175 - 9179.
- Chatterjee, S. & Sharma, S., 2019. Microplastics in Our Oceans and Marine Health. *The Journal of Field Actions*, Issue 19, pp. 54-61.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T. S., 2011. Microplastics as Contaminants in The Marine Environment : A Review. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, pp. 2588-2597.
- Crawford, C. B. & Quinn, B., 2017. *Microplastics Pollutants*. Amsterdam: Elsevier Inc.
- David, Karmila, S., Suryana, N. & Faizal, F., 2021. Pemodelan Degradasi Mikroplastik Polistirena Dengan Nanofotokatalis TIO<sub>2</sub>. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 5(1), pp. 8-12.

- Di, M. & Wang, J., 2017. Microplastics in Surface waters and Sediment of Three Gorges Reservoir, China. *Science of The Total Environment*, pp. 1-8.
- Dwinanto, A. W., P, P. N., Harahap, S. A. & L, S. M., 2017. Pola Arus dan Transpor Sedimen Pada Kasus Pembentukan Tanah Timbul Pulau Puteri Kabupaten Karawang. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2), pp. 152-160.
- Dyachenko, A., Mitchell, J. & Arsem, N., 2016. Extraction and Identification of Microplastic Particles From Secondary Wastewater Treatment Plant (WWTP) Effluent. *The Royal Society of Chemistry*, pp. 1-10.
- Eriyanto, B., 2019. *Fassad Al-Ardi Dalam Tafsir Al-Sya'rawi*, Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Fadholi, A., 2013. Analisis Data Angin Permukaan di Bandara Pangkalpinang Menggunakan Metode Windrose. *Jurnal Geografi*, X(2), pp. 112-122.
- Fadilah, Suripin & Sasongko, D. P., 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 6(1), pp. 1-12.
- Fatimura, M., 2020. Evaluasi Kinerja Reaktor Pirolisis Non Katalis dalam Mengkonversikan Limbah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 4(1), pp. 1-7.
- Habibie, N. M., Sasmito, A. & Kurniawan, R., 2011. Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi dan Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(2), pp. 181-187.

- Haryanto, Y. D., Agdialta, R. & Hartoko, A., 2020. Analisa Monsun di Laut Jawa. *Berkala Perikanan Terburuk*, 48(2), pp. 492 -501.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. & Thiel, M., 2012. Microplastics in The Marine Environment : A Review of The Methods Used For Identification and Quantification. *Science & Technology*, 46(3060-75).
- Hiwari, H. et al., 2019. Kondisi Sampah Mikroplastik di Permukaan Air Laut Sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Pros Sem Nas MAasy Biodiv Indon*, 5(2), pp. 165-171.
- Hiwati, H. & Subiyanto, 2020. Pemodelan Arus Permukaan Laut Selat Lembeh, Sulawesi Utara Menggunakan Aplikasi Mike 21. *Jurnal Akuatek*, I(2), pp. 84-93.
- Horton, A. A. & Barnes, D. K., 2020. Microplastic pollution in a rapidly changing world: Implications for remote and vulnerable marine ecosystems. *Science of The Total Environment*, Volume 738, pp. 1-9.
- Ibarra-Mojica, D. M. et al., 2018. Application of Free Software (GNOME) for Simulation of Oil Spills Trajectories in a Sector of Magdalena River (Columbia). *Chemical Engineering*, Volume 70, pp. 1171-1177.
- Ilyas, R., 2016. Manusia Sebagai Khalifah Dalam Perspektif Islam. *Mawa'izh*, 1(7), pp. 169-195.
- Islamiyah, R. D. & Kuspriyanto, 2019. Strategi Pengembangan Objek Wisata Pulau Lusi Di Kecamatan Jabon Kabupaten Sidoarjo. *Swara Bhumi*, 1(2), pp. 77-85.

- Kapo, F. A., Toruan, L. N. & Paulus, C. A., 2020. Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik Pada Kolom Permukaan Air di Perairan Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadak*, I(1), pp. 10-22.
- Kinanti, E. T., Rudiyaniti, S. & Purwanti, F., 2014. Kualitas Perairan Sungai Brengi Kabupaten Pekalongan Ditinjau dari Faktor Fisika-Kimia Sedimen dan Kelimpahan Hewan Makrobentos. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1), pp. 160-167.
- Kusumawati, I., 2016. Pemodelan Dinamika Arus Perairan Indonesia yang disebabkan Oleh Angin. *Jurnal Perikanan Tropis*, III(1), pp. 1-10.
- Lassen, C. et al., 2015. *Microplastics-Occurrence, Effects and Sources of Releases to The Environment in Denmark*, Copenhagen: The Danish Environmental Protection Agency.
- Lisnawati, L. A., Rochaddi, B. & Ismunarti, D. H., 2013. Studi Tipe Pasang Surut di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, 2(3), pp. 214-220.
- Li, X., Huang, M. & Wang, R., 2020. Numerical Simulation of Donghu Lake Hydrodynamics and Water Quality Based on Remote Sensing and Mike 21. *International Journal of Geo-Information*, 9(94), pp. 1-20.
- Madani, K. I. & Ramansyah, A., 2020. Perancangan Karakter 3D Untuk Game Edukasi Mengenai Pencemaran Sampah Plastik di Laut Indonesia. *e-Proceeding of Art dan Design*, 7(2), pp. 1817-1826.

- Maghsodian, Z. et al., 2020. *Microplastics Accumulation in Sediment and Perophthalmus Waltoni Fish, Mangrove Forest in Southern Iran*, Bushehr: Elsvier Ltd.
- Magnusson, K. et al., 2016. *Swedish Sources and Pathways for Microplastics to The Marine Envirotment*, Swedish: Swedish Environmental Research Institute.
- Mauludy, M. S., Yunanto, A. & Yona, D., 2019. Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Perikanan*, 21(2), pp. 73-78.
- Musa, M. et al., 2020. Feasibility Study and Potential of Pond as Silvofishery in Coastal Area: Local Case Study in Situbondo Indonesia. *Journal Pre-proof*, Volume 33, pp. 1-24.
- Musrifin, 2012. Analisis dan Tipe Pasang Surut Perairan Pulau Jemur Riau. *Jurnal Penelitian Berkala Perikanan Terubuk*, Volume 40, pp. 101-108.
- Noor, A. et al., 2019. The Existence of Plastic Waste Management in The Sea Environment Seen From Chemical Science Angle. *Marina Chimica Acta*, 20(2), pp. 38-44.
- Nugroho, D. H., Restu, I. W. & Ermawati, N. M., 2018. Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, I(1), pp. 80-90.

- Nurisman, N., Fauziyah & Surbakti, H., 2012. Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 4(1), pp. 110-115.
- Octavia, Y. P., Jumarang, M. I. & Apriansyah, 2018. Estimasi Arus Laut Permukaan Yang di Bangkitkan Oleh Angin di Perairan Indonesia. *Prisma Fisika*, VI(1), pp. 1-8.
- Pangestu, N. J. & Kushadiwijayanto, A., 2020. Studi Batimetri dan Morfologi Muara Sungai Mempawah Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, III(2), pp. 69-76.
- Perdana, S. Y., Soewardi, K. & Mashar, A., 2012. Keterkaitan Lingkungan Mangrove Pada Produksi Udang dan Ikan Bandeng di Kawasan Silvofishery Blanakan, Subang, Jawa Barat. *Bonorowo Wetlands*, 2(2), pp. 74-85.
- Pranowo, W. S. et al., 2016. Karakteristik dan Variabilitas Eddy di Samudera Hindia Selatan Jawa. *Jurnal Segara*, 12(3), pp. 159-165.
- Prayoga, L. M., 2020. Perbandingan Metode Admiralty dan Least Square untuk Analisis Pasang Surut di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang, Jawa Timur. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, X(2), pp. 171-181.
- Purba, N. P. et al., 2020. *Vulnerability of Java Sea Marine Protected Areas Affected by Marine Debris*. Sumedang, Universitas Padjajaran, pp. 1-9.
- Purba, N. P. et al., 2019. Lintasan Sampah Mikroplastik di Kawasan Konservasi Perairan Nasional Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, VIII(2), pp. 125-134.

- Purwaningrum, P., 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), pp. 141-147.
- Putra, E. A., Najamuddin & Hajar, I. A. M., 2013. Pengaruh Arah dan Kecepatan Arus Terhadap Hasil Tangkapan Jaring Perangkap Pasif (Set Net) di Teluk Mallasoro, Jenepono. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(3), pp. 257-263.
- Putra, T. P., 2019. *Studi Pencemaran Mikroplastik Pada Ikan, Air, dan Sedimen di Kepulauan Bala-Balakang, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat*, Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Rachmat, S. L., Purba, N. P., Agung, M. U. & Yuliadi, L. P., 2018. Karakteristik Sampah Mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Ilmu-Ilmu Kelautan, Pesisir dan Perikanan*, 8(1), pp. 9-17.
- Rifai, A. et al., 2020. Kajian Pengaruh Angin Musim Terhadap Sebaran Suhu Permukaan Laut (Studi Kasus: Perairan Pangandaran Jawa Barat). *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(1), pp. 1-7.
- Riyadi, A. S., Sarwono, B. & Sudiwaluyo, 2009. *Permodelan Aliran Sediment di Muara Kali Porong*. Surabaya, FTSP-ITS.
- Roem, M. et al., 2016. Studi Parameter Oseanografi Fisik Perairan Pulau Derawan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 9(2), pp. 143 - 157.
- Sari, T. E. Y. & Usman, 2012. Studi Parameter Fisika dan Kimia Daerah Penangkapan Ikan Perairan Selat Asam Kabupaten Kepulauan Meranti Propinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 17(1), pp. 88-100.

- Setyawa, B. W. & Pamungkas, A., 2017. *PERbandingan Karakteristik Oseanografi Pesisir Utara dan Selatan Pulau Jawa : Pasang-surut, Arus dan Gelombang*. Madura, Universitas Trunojoyo Madura.
- Simatupang, C. M., Surbakti, H. & Agussalim, A., 2016. Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, I(8), pp. 15-24.
- Song, K. Y. et al., 2015. A Comparison of Microscopic and Spectroscopic Identification Method for Analysis of Microplastics in Environmental Sampel. *Marine Pollution Bulletin*, pp. 1-8.
- Sousa, M. C. et al., 2021. Modelling the Distribution of Microplastics Released by Wastewater Treatment Plants in Ria de Vigo (NW Iberian Peninsula). *Marine Pollution Bulletin*, Volume 166, pp. 1-10.
- Suhaemi & Raharjo, S., 2018. Penentuan Tipe Pasang Surut Perairan Pada Alur Pelayaran Manokwari Dengan Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, II(1), pp. 57-65.
- Su, L. et al., 2019. The Occurrence of Microplastics in Spesific Organs in Commercially Caught Fishes From Coast and Estuary Area of East China. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 365, pp. 716-724.
- Surya, G. et al., 2017. Karakteristik Suhu Permukaan Laut dan Kecepatan Angin di Perairan Batam Hubungannya dengan Indian Ocean Dipole (IOD). *Dinamika Maritim*, 6(1), pp. 1-6.

- Tefani, R., Martuti, T. K. N. & Ngabekti, S., 2019. Keanekaragaman Spesies Mangrove dan Zonasi di Wilayah Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Life Science*, 8(1), pp. 41-53.
- Wahyudin, D. G., 2020. Penanggulangan Pencemaran Sampah Plastik di Laut Berdasarkan Hukum Internasional. *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan*, 8(3), pp. 530-552.
- Wahyuniardi, R., Herliani, L., Nurjaman, S. & Gusdya, W., 2016. Pembangunan Sistem Informasi Berbasis Web Untuk Monitoring dan Evaluasi Sentra Industri Kecil dan Menengah di Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, IV(1), pp. 9-19.
- Whitehead, P. G. et al., 2021. Modelling Microplastics in The River Thames: Sources, Sinks, and Policy Implications. *Water*, 13(861), pp. 1-19.
- Widianarko, B. & Hantoro, I., 2018. *Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa*. 1 ed. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Yananto, A. & Sibarani, M. R., 2016. Analisis Kejadian El Nino dan Pengaruhnya Terhadap Intensitas Curah Hujan di Wilayah Jabodetabek (Studi Kasus: Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2015-2016). *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(2), pp. 65-73.
- Zhang, W. et al., 2017. Microplastic Pollution in The Surface Waters of The Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231(1), pp. 541-548.