

**POLA SEBARAN BAHAN PENCEMAR ORGANIK DARI LIMBAH
PERIKANAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP MAKROZOOBENTOS
DI MUARA SUNGAI KECAMATAN WATULIMO, TRENGGALEK,
JAWA TIMUR**

SKRIPSI



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

Disusun Oleh:

ALFARIZA NAMIRA SARI

NIM: H74218014

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Alfariza Namira Sari

NIM : H74218014

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: "POLA SEBARAN BAHAN PENCEMAR ORGANIK DARI LIMBAH PERIKANAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP MAKROZOOBENTOS DI MUARA SUNGAI KECAMATAN WATULIMO, TRENGGALEK, JAWA TIMUR". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Desember 2021

Yang menyatakan,



Alfariza Namira Sari
NIM H74218014

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : ALFARIZA NAMIRA SARI

NIM : H74218014

JUDUL : POLA SEBARAN BAHAN PENCEMAR ORGANIK
DARI LIMBAH PERIKANAN DAN DAMPAKNYA
TERHADAP MAKROZOOBENTOS DI MUARA
SUNGAI KECAMATAN WATULIMO, TRENGGALEK,
JAWA TIMUR

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 28 Desember 2021

Pembimbing 1



(Mauludiyah, M.T)
201409003

Pembimbing 2




(Wiga Alif Violando, M.P)
199203292019031012

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Alfariza Namira Sari ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 5 Januari 2022

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



(Mauludiyah, M.T)
NIP. 201409003

Dosen Penguji II



(Wiga Alif Violando, M.P)
NIP. 199203292019031012

Dosen Penguji III



(Misbakhul Munir, S.Si., M. Kes)
NIP. 198107252014031002

Dosen Penguji IV



(Dian Sari Maisaroh, M.Si)
NIP. 198908242018012001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya



Prof. Dr. H. Evi Hatimatur Rusydiyah, M.Ag.
197312272005012003



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : ALFARIZA NAMIRA SARI
NIM : H74218014
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ILMU KELAUTAN
E-mail address : namiraalfariza@gmail.com

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

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

yang berjudul :

POLA SEBARAN BAHAN PENCEMAR ORGANIK DARI LIMBAH PERIKANAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP MAKROZOOBENTOS DI MUARA SUNGAI KECAMATAN WATULIMO, TRENGGALEK, JAWA TIMUR

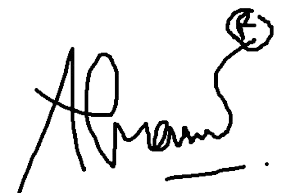
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media 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, 17 Januari 2022

Penulis


ALFARIZA NAMIRA SARI

ABSTRAK

Kecamatan Watulimo merupakan daerah yang didominasi oleh kegiatan industri perikanan serta menghasilkan limbah setiap harinya. Masukan limbah perikanan secara kontinu mengakibatkan pencemaran di badan sungai hingga ke muara dan berdampak pada organisme, salah satunya adalah makrozoobentos. Sifat khas muara yang dipengaruhi gerakan fisika laut menjadikan potensi bahan pencemar terbawa hingga ke perairan lepas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran bahan pencemar organik, kelimpahan makrozoobentos dan korelasi antara kandungan bahan pencemar organik dengan kelimpahan makrozoobentos. Bahan pencemar organik yang diteliti meliputi Nitrat dan Fosfat. Selain kedua bahan tersebut, BOD dan TSS juga dijadikan sebagai parameter pencemaran pada penelitian ini. Pengambilan data dilakukan mulai dari Bulan September - Oktober 2021. Penentuan titik lokasi pengambilan data primer dilakukan dengan metode purposive sampling. Data primer yang diambil meliputi sampel bahan pencemar organik, BOD serta TSS, kualitas perairan, dan makrozoobentos. Analisis pola sebaran bahan pencemar dilakukan menggunakan software MIKE21 Ecolab. Pola sebaran bahan pencemar pada sekitar Muara Sungai Wancir dipengaruhi oleh arus permukaan pada perairan yang membawa bahan pencemar organik dari arah muara ke arah perairan lepas. Tingkat kelimpahan makrozoobentos pada Muara Sungai Pancer Tengah memiliki nilai rata-rata kelimpahan yang lebih tinggi yaitu 2208 ind/m³ dibandingkan Muara Sungai Wancir dengan nilai rata-rata kelimpahan adalah 542 ind/m³. Tidak ada korelasi antara kelimpahan makrozoobentos dengan Nitrat, Fosfat, BOD dan TSS pada lokasi penelitian.

Kata kunci: Makrozoobentos, Pola Sebaran, Bahan Pencemar, Korelasi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

Watulimo District is an area that is dominated by fishing industry activities and produces waste every day. The input of fishery waste continuously causes pollution in river bodies to the estuary and has an impact on organisms, one of which is macrozoobenthos. The distinctive nature of the estuary which is influenced by the physical movement of the sea makes the potential for pollutants carried to the open waters. The purpose of this study was to determine the distribution pattern of organic pollutants, the abundance of macrozoobenthos and the correlation between the content of organic pollutants and the abundance of macrozoobenthos. Organic pollutants studied include nitrates and phosphates. In addition to these two materials, BOD and TSS were also used as pollution parameters in this study. Data collection is carried out starting from September - October 2021. Determination primary data collection point is done by purposive sampling method. The primary data taken included samples of organic pollutants, BOD and TSS, water quality, and macrozoobenthos. Analysis of pollutant distribution patterns was carried out using the MIKE21 Ecolab software. The distribution pattern of pollutants around the Wancir River Estuary is influenced by surface currents in the waters that carry organic pollutants from the estuary to open waters. The abundance level of macrozoobenthos in the Pancer Tengah River Estuary has a higher average abundance value of 2208 ind/m³ than the Wancir River Estuary with an average abundance value of 542 ind/m³. There is no correlation between the abundance of macrozoobenthos with nitrate, phosphate, BOD and TSS at the study site.

Keyword: Macrozoobenthos, distribution pattern, Pollutant, Correlation

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II	6
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	6
2.2 Nitrat	8
2.3 Fosfat	9
2.4 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	9
2.5 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	10
2.6 Faktor Fisika – Kimia Air Laut dan Kaitannya dengan Pencemaran.....	10
2.2.1 Kecerahan	10
2.2.2 Derajat Keasaman (pH)	11
2.2.3 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	12
2.2.4 Salinitas	13
2.7 Faktor Hidro-Oseanografi dan Kaitannya dengan Persebaran Limbah Pencemar	13
2.3.1 Pasang Surut	13
2.3.2 Angin	14
2.3.3 Arus	15
2.8 Makrozoobentos.....	15

2.9 Penelitian Terdahulu	17
BAB III.....	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Tahapan Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan	24
3.4 Pengambilan Data.....	25
3.4.1 Sampel Makrozoobentos	26
3.4.2 Sampel Bahan Pencemar dan Sedimen	26
3.4.3 Sampel Kualitas Air	27
3.5 Pengolahan Data	27
3.5.1 Pemodelan Persebaran Bahan Pencemar	27
3.5.2 Makrozoobentos, Bahan Pencemar dan Kualitas Perairan	35
3.6 Analisis Data	38
BAB IV	40
4.1 Kondisi Lingkungan	40
4.1.1 Parameter Lingkungan	40
4.1.2 Parameter Hidro-oseanografi.....	43
4.1.3 Kandungan Bahan Pencemar	49
4.1.4 Analisis Sedimen	53
4.2 Pola Sebaran Bahan Pencemar	56
4.3 Analisis Makrozoobentos.....	99
4.3.1 Identifikasi Makrozoobentos	99
4.3.2 Kelimpahan Makrozoobentos.....	102
4.4 Korelasi antara Bahan Pencemar dengan Kelimpahan Makrozoobentos.....	105
BAB V.....	111
5.1 Kesimpulan	111
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA.....	113
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	125
Lampiran 2. Perhitungan Kelimpahan Makrozoobentos (ind/m³)	127
Lampiran 3. Hasil Uji Bahan Pencemar	128
Lampiran 4. Metode Uji Nitrat SNI 6989.79:2011	130
Lampiran 6. Metode Uji Fosfat SNI 06-6989.31-2005	137

**Lampiran 7. Metode Uji (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*) SNI
6989.72:2009..... 141**

Lampiran 8. Metode Uji (*Total Suspended Solid /TSS*) SNI 06-6989.3-2004150



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Laut KepMen LH No.51 Tahun 2004	38
Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Limbah Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013	38
Tabel 4. 1 Parameter Lingkungan Outlet Sungai Pancer Tengah.....	40
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Komponen Pasang Surut	45
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Sedimen Muara Sungai Wancir	53
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Sedimen Muara Sungai Pancer Tengah	54
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Sedimen Outlet Sungai Pancer Tengah.....	55
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Sedimen Outlet Sungai Wancir	56
Tabel 4. 7 Korelasi Nitrat dengan Kelimpahan Makrozoobentos	106
Tabel 4. 8 Korelasi Fosfat dengan Kelimpahan Makrozoobentos.....	107
Tabel 4. 9 Korelasi TSS dengan Kelimpahan Makrozoobentos.....	108
Tabel 4. 10 Korelasi BOD dengan Kelimpahan Makrozoobentos	109

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pemodelan Persebaran Limbah.....	28
Gambar 3. 4 Pemilihan Menu Flow Model.....	30
Gambar 3. 5 Pemilihan Modul EcoLab	31
Gambar 3. 6 Input Data Angin	32
Gambar 3. 7 Input Data Pasang Surut.....	33
Gambar 3. 8 Pilih Jenis Modul EcoLab	34
Gambar 4. 1 Batimetri di Lokasi Penelitian	44
Gambar 4. 2 Grafik Angin di Lokasi Penelitian selama 3 Bulan	46
Gambar 4. 3 <i>Rose Plot</i> Kecepatan dan Arah Angin	46
Gambar 4. 4 Hasil Model Angin di Lokasi Perairan Penelitian	47
Gambar 4. 5 Pola Arus Rata-Rata.....	48
Gambar 4. 6 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	58
Gambar 4. 7 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	59
Gambar 4. 8 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 19 September 2021	60
Gambar 4. 9 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	61
Gambar 4. 10 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	64
Gambar 4. 11 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	65
Gambar 4. 12 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	66
Gambar 4. 13 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	67
Gambar 4. 14 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	69

Gambar 4. 15 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	70
Gambar 4. 16 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	71
Gambar 4. 17 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	72
Gambar 4. 18 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	74
Gambar 4. 19 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	75
Gambar 4. 20 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	76
Gambar 4. 21 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	77
Gambar 4. 22 Pola Persebaran BOD Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	79
Gambar 4. 23 Pola Persebaran BOD Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	80
Gambar 4. 24 Pola Persebaran BOD Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	81
Gambar 4. 25 Pola Persebaran BOD Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	82
Gambar 4. 26 Pola Persebaran BOD Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	84
Gambar 4. 27 Pola Persebaran BOD Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	85
Gambar 4. 28 Pola Persebaran BOD Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	86
Gambar 4. 29 Pola Persebaran BOD Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	87
Gambar 4. 30 Pola Persebaran TSS Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah.....	89

Gambar 4. 31 Pola Persebaran TSS Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	90
Gambar 4. 32 Pola Persebaran TSS Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	91
Gambar 4. 33 Pola Persebaran TSS Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	92
Gambar 4. 34 Pola Persebaran TSS Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	94
Gambar 4. 35 Pola Persebaran TSS Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	95
Gambar 4. 36 Pola Persebaran TSS Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	96
Gambar 4. 37 Pola Persebaran TSS Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah	97

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu kabupaten yang memiliki wilayah pesisir dengan Luas Zona Eksklusif yaitu 35.558 mil dan panjang pantai selatannya yaitu 96 km. Kawasan pesisir Kabupaten Trenggalek sebagian besar berada di Kecamatan Watulimo sehingga kegiatan perikanan dan industri perikanan juga berada di Kecamatan Watulimo (Putri & Sardjito, 2017).

Kecamatan Watulimo memiliki peran yang cukup penting dalam industri perikanan di Kabupaten Trenggalek setelah ditetapkan sebagai kawasan Minapolitan, yaitu sebagai daerah yang melakukan pengembangan dalam sektor perikanan tangkap dan juga budidaya. Hal tersebut menjadikan kawasan Kecamatan Watulimo memiliki banyak industri Rumah Tangga Perikanan atau RTP, meliputi usaha pengelolaan ikan asap, pemindangan, pengeringan ikan/asin, tepung ikan, bahan baku petis serta olahan ikan lainnya. Total jumlah Industri Rumah Tangga pada bidang perikanan di tahun 2018 pada Kecamatan Watulimo ada sebanyak 580 industri (Mutiara et al., 2018).

Keberadaan industri perikanan di Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek khususnya di daerah pesisir, tentu akan menguntungkan dan meningkatkan sektor perekonomian masyarakat setempat, khususnya masyarakat pesisir. Akan tetapi, kegiatan industri juga dapat memberikan

dampak negatif seperti meningkatnya buangan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair. Limbah cair umumnya akan langsung dibuang ke sungai sehingga masalah pencemaran pun dapat timbul dari hal tersebut. Jenis bahan pencemar yang berasal dari industri perikanan umumnya adalah TSS, BOD, COD serta lemak/minyak (Muflih, 2013).

Limbah hasil industri perikanan yang langsung dibuang ke aliran sungai akan menjadikan muara sebagaimana tempat bertemunya antara air tawar dengan air laut menjadi turut tercemar. Terdapat berbagai organisme yang hidup di kawasan muara, salah satunya adalah makrozoobentos. Makrozoobentos ini memiliki sifat bio-indikator atau yang berarti dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran di suatu lokasi perairan. Makrozoobentos meliputi gastropoda serta bivalvia diketahui dapat menjadi bio-indikator dikarenakan sifatnya yang hidup pada dasar perairan dan sesil/menempel, merayap maupun menggali lubang, serta kelimpahan dan keanekaragamannya sangat dinamis dan dipengaruhi oleh tingkat toleransi serta sensitivitasnya terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sekitarnya (Gultom et al., 2018).

Muara sungai termasuk ke dalam wilayah estuari atau wilayah yang memiliki karakteristik berbeda dengan laut ataupun air tawar akibat dari adanya pencampuran dua massa jenis air yang berbeda serta tetap terpengaruh oleh pasang surut secara berkala. Dasar di wilayah estuari menjadi tempat penimbunan bahan organik yang terbawa oleh aliran sungai terutama yang telah tersuspensi. Kandungan material terlarut yang terbawa arus sungai menuju laut dapat mengakibatkan penurunan kualitas perairan seperti

terjadinya perubahan fisika kimia perairan. Penurunan kualitas perairan ini dapat memengaruhi keberadaan serta kelangsungan hidup organisme yang ada di dasar perairan, termasuk makrozoobentos (Barus et al., 2019).

Allah SWT telah berfirman dan telah tercantum pada Al-Qur'an yang membahas mengenai kerusakan lingkungan dalam QS Ar-Rum/30: 41 di bawah ini:

يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ يَعْلَمُوا الَّذِي بَعْضَ لِنْدِيئِهِمْ النَّاسِ أَيْدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادُ ظَهَرَ

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

Daerah yang padat akan industri umumnya kualitas perairannya telah mengalami pencemaran dan penurunan kualitas akibat dari masukan senyawa kimia maupun bahan organik oleh industri tersebut (Sahubawa, 2008). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait identifikasi tingkat pencemaran menggunakan biota indikator perairan salah satunya yaitu makrozoobentos serta mengetahui arah dan pola sebaran dari bahan pencemar tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola sebaran bahan pencemar organik di perairan muara Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek?
2. Bagaimana tingkat kelimpahan makrozoobentos pada muara sungai Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek?

3. Bagaimana hubungan antara bahan pencemar organik dengan kelimpahan makrozoobentos di muara sungai Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pola sebaran bahan pencemar organik di perairan muara Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.
2. Mengetahui tingkat kelimpahan makrozoobentos pada muara sungai Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.
3. Mengetahui hubungan antara bahan pencemar organik dengan kelimpahan makrozoobentos di muara sungai Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki berbagai manfaat baik bagi peneliti, instansi terkait serta masyarakat umum. Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini:

1. Menjadi pengetahuan baru bagi peneliti terutama terkait metode pelaksanaan penelitian ini.
2. Dapat menjadi sumber acuan serta referensi bagi berbagai instansi khususnya Dinas Perikanan Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur untuk menindaklanjuti proses pembuatan IPAL bagi industri perikanan.
3. Dapat menjadi pengetahuan baru serta acuan bagi masyarakat setempat untuk menanggulangi dampak yang akan ditimbulkan oleh pencemaran limbah perikanan di wilayah muara serta perairan laut.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini menetapkan beberapa batasan berdasarkan dari tujuan yang telah diuraikan di atas sebagai berikut:

1. Bahan pencemar organik yang diukur dan diteliti meliputi *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, Nitrat, dan Fosfat.
2. Lokasi penelitian meliputi 2 (dua) muara sungai yang dipengaruhi oleh masukan limbah organik hasil industri perikanan yaitu Muara Sungai Pancer Tengah dan Muara Sungai Wancir, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.
3. Makrozoobentos yang diteliti adalah Bivalvia dan Gastropoda.
4. Pemodelan yang dilakukan pada penelitian tidak berdasarkan musim angin.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Adanya unsur asing berupa makhluk hidup, zat, energi ataupun komponen lainnya ke dalam suatu lingkungan sehingga dapat menyebabkan terjadi perubahan pada ekosistem lingkungan sekitarnya serta mengakibatkan turunnya kualitas lingkungan dan juga pada akhirnya lingkungan tersebut tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya secara ekologis maka disebut dengan pencemaran lingkungan. Secara singkat, pengertian pencemaran lingkungan yaitu masuknya polutan baik jenis biotik ataupun abiotik ke dalam suatu ekosistem lingkungan dan berdampak pada kemerosotan kualitas ekosistem lingkungan tersebut (Mulida Hayati, 2018).

Terjadinya perubahan dari kondisi semula ke kondisi yang lebih buruk merupakan definisi dari pencemaran. Pencemaran merupakan efek yang timbul akibat adanya masukan bahan-bahan pencemar atau dikenal juga dengan polutan. Sifat toksik atau racun yang dimiliki oleh bahan-bahan pencemar cenderung berbahaya serta beracun bagi organisme hidup yang terkena dampaknya. Racun tersebut merupakan awal mula pemicu terjadinya pencemaran yang muncul akibat hasil dari polutan (Ainuddin & Widyawati, 2017).

Peristiwa masuknya partikel kimia hasil dari limbah industri, limbah pertanian, limbah perumahan atau perkampungan, kebisingan dan atau

penyebaran organisme secara *invasive* ke dalam laut serta berpotensi memberikan efek yang berbahaya bagi wilayah perairan di sekitarnya disebut dengan pencemaran wilayah perairan. Zat polutan berbahaya tersebut yang masuk ke dalam lingkungan perairan selanjutnya akan memengaruhi rantai makanan serta ekosistem di sekitarnya, dimulai dengan plankton yang mengonsumsi polutan tersebut dan berakhir dengan biota *filter feeder* seperti makrozoobentos sebagai pengurai dari polutan tersebut (Ukas, 2013).

Terdapat dua sumber yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, diantaranya adalah sumber domestik serta sumber non domestik. Sumber pencemaran domestik berasal dari rumah tangga seperti perkampungan, perkotaan, pasar, jalan, terminal dan lain sebagainya. Sedangkan untuk pencemaran dengan sumber non domestik dominannya berasal dari industri seperti pabrik, pertanian, peternakan, kelautan perikanan, transportasi dan sejenisnya. Bentuk-bentuk polutan atau sumber pencemar juga bermacam-macam, terdapat jenis polutan yang berbentuk cair seperti limbah industri pabrik dan peternakan serta Kawasan perkampungan, berbentuk padat serta berbentuk gas seperti asap yang dihasilkan oleh transportasi dan pabrik (Ainuddin & Widyawati, 2017).

Bahan organik memiliki fungsi sebagai indikator kualitas suatu perairan. Hal ini dikarenakan oleh sifat alami dari bahan organik yang tumbuh sendiri di suatu perairan dengan melewati berbagai proses seperti penguraian, pelapukan, serta dekomposisi tumbuhan maupun sisa organisme mati. Bahan organik merupakan sumber utama bagi biota akuatik seperti

makrozoobentos dalam kehidupan mereka, akan tetapi, jika terlalu banyak masukan bahan organik yang diterima oleh suatu perairan, maka akan berakibat fatal serta menjadi memiliki sifat beracun untuk sekitarnya (Supriyantini et al., 2017).

2.2 Nitrat

Bentuk utama nitrogen di lingkungan perairan yang alami serta berasal dari adanya ammonium akibat dari limbah domestik yang masuk ke badan sungai merupakan pengertian dari Nitrat (Setyorini & Maria, 2019). Di suatu lingkungan perairan, Nitrat memiliki peran penting yaitu untuk mengontrol kegiatan produktivitas primer. Banyak atau sedikitnya jumlah Nitrat di suatu perairan dipengaruhi oleh tinggi atau rendahnya masukan Nitrat yang berasal dari badan sungai. Limbah rumah tangga, perikanan, pertanian, termasuk kotoran hewan dan manusia adalah menjadi sumber utama keberadaan Nitrat (Setyorini & Maria, 2019).

Menurut Rustiah et al., (2019), Nitrat atau rumus kimianya adalah NO_3 merupakan nutrisi utama yang diperlukan oleh tumbuhan dan alga untuk tumbuh dan melakukan fotosintesis. Bentuk Nitrogen dalam Nitrat memiliki sifat sangat mudah larut dalam air, dalam bentuk yang stabil. Nitrat juga memiliki peran penting dalam siklus nitrogen yaitu adanya proses nitrifikasi yang dihasilkan dari ammonia yang teroksidasi dan berubah menjadi nitrat dan nitrit dengan bantuan mikroorganisme.

2.3 Fosfat

Fosfat atau PO_4^{3-} merupakan nutrisi utama selain dari Nitrat bagi suatu perairan. Keberadaan Fosfat umumnya dipengaruhi oleh ketidakstabilan lapisan tanah di sekitar perairan sehingga mengakibatkan adanya reaksi yang tidak stabil dari komponen mineralnya dan berinteraksi dengan aliran air di sekitarnya pula. Mineral sangat mudah terdegradasi oleh adanya aktivitas erosi, pelapukan dan dilusi sehingga menghasilkan Fosfat. Fosfat memiliki peran sebagai sumber nutrisi yang membantu dalam pertumbuhan serta proses metabolisme bagi organisme laut (Rustiah et al., 2019).

Tinggi atau rendahnya nilai fosfat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya yaitu proses difusi fosfat yang terjadi pada sedimen di suatu perairan. Konsentrasi nilai Fosfat secara alami terdistribusi dimulai dari permukaan hingga ke dasar, dan akan semakin tinggi nilainya jika di dasar perairan. Hal tersebut sejalan dengan adanya substrat yang berfungsi sebagai tempat proses dekomposisi berlangsung dan menyimpan banyak senyawa fosfat di dalamnya (I Patty & Akbar, 2019).

2.4 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Salah satu parameter yang umum digunakan dengan tujuan untuk mengetahui sedikit atau banyaknya kandungan bahan organik di suatu perairan merupakan pengertian singkat dari BOD. Selain itu, BOD juga umum diartikan sebagai kadar oksigen yang dibutuhkan bakteri jenis aerobik untuk melakukan penguraian maupun perombakan bahan organik. Jika nilai

BOD semakin tinggi, maka menunjukkan bahwa nilai oksigen terlarut di perairan tersebut semakin mengalami penurunan. Berlaku juga sebaliknya. Semakin rendah nilai BOD, maka nilai oksigen terlarut di sekitarnya semakin mengalami peningkatan (Putri et al., 2019).

2.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Tempat terjadinya proses reaksi heterogen yang memiliki peran sebagai bahan pembentuk endapan paling awal serta dapat menjadi penghalang bagi aktivitas produksi zat organik di suatu perairan merupakan pengertian singkat dari material padatan tersuspensi atau TSS. Tinggi rendahnya nilai TSS di suatu perairan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, seperti banyak atau sedikitnya limbah yang masuk ke perairan, jenis sedimen di suatu perairan dan lain sebagainya. Semakin tinggi nilai TSS, maka dapat berdampak buruk bagi kegiatan fotosintesis dan produktivitas primer di suatu perairan. Jika pada suatu perairan minim akan kegiatan fotosintesis, maka asupan oksigen yang utamanya dihasilkan dari proses tersebut akan ikut menurun, dan berimbas pada matinya ikan serta organisme perairan lainnya (Jiyah et al., 2017).

2.6 Faktor Fisika – Kimia Air Laut dan Kaitannya dengan Pencemaran

2.2.1 Kecerahan

Adanya masukan limbah ke muara sungai menjadikan air pada muara sungai cenderung lebih keruh. Aktivitas dan rantai makanan biota akuatik pada ekosistem tersebut tentu akan terganggu dengan

keruhnya air. Hal ini terjadi seiring dengan terhambatnya proses fotosintesis yang dibutuhkan oleh tumbuhan air maupun fitoplankton yang merupakan makanan utama bagi biota akuatik tersebut (Sahubawa, 2001).

Kecerahan pada suatu perairan dapat menurun dan menjadi keruh akibat dari adanya masukan sedimen serta partikel terlarut berupa bahan organik maupun anorganik yang masuk melalui aliran *run off* dari daratan. Kekeruhan air atau *turbidity* sangat menentukan tingkat kecerahan suatu perairan dimana kemampuan matahari dalam menembus hingga ke dasar perairan turut dipengaruhi dalam hal ini. Pertumbuhan organisme akuatik dalam ekosistem perairan tersebut sangat dipengaruhi oleh kecerahan dan kekeruhan air laut karena melakukan fotosintesis bagi tumbuhan maupun organisme yang ada di perairan tersebut memerlukan bantuan dari cahaya matahari (Hamuna et al., 2018).

2.2.2 Derajat Keasaman (pH)

Hasil dari konsentrasi ion hydrogen yang terlepas dalam suatu cairan serta dijadikan sebagai indikator baik ataupun buruknya suatu perairan merupakan pengertian dari derajat keasaman atau biasa dikenal dengan pH. Biota pada suatu perairan dapat terpengaruh oleh nilai pH. Derajat keasaman ini memiliki peran penting dalam memantau kestabilan suatu perairan. Tingkat produktivitas pada suatu perairan

juga turut dikontrol dan dipengaruhi oleh nilai tinggi ataupun rendahnya derajat keasaman (Hamuna et al., 2018).

Jika terjadi perubahan meski hanya sedikit saja pada nilai derajat keasaman, maka proses fotosintesis, temperature, serta kandungan ion terlarut akan terganggu dan berampak pada kehidupan organisme akuatik yang hidup pada perairan tersebut. Nilai derajat keasaman ini dapat berubah seiring dengan jenis masukan air pada suatu perairan. Pada ekosistem muara dan laut, derajat keasaman akan cenderung berkisar pada nilai 7-8,5 seperti yang telah disebutkan pada baku mutu menurut ketetapan KepMen LH No. 51 tahun 2014. Jika masukan air limbah cenderung tinggi, maka derajat keasaman pun dapat bergeser nilainya (Sahubawa, 2001)

2.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Total jumlah oksigen yang ada dan terlarut dalam air merupakan pengertian dari oksigen terlarut atau *Dissolved oxygen* (DO). Organisme hidup memerlukan DO untuk dapat melakukan proses metabolisme atau yang dikenal dengan pertukaran zat. Pada proses tersebut, nantinya akan menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk proses tumbuh dan berkembang. Pada proses oksidasi bahan organik maupun anorganik dengan cara aerobik diperlukan juga oksigen untuk bisa melakukannya. Masuknya beban polutan akan memengaruhi juga ketersediaan oksigen dalam suatu perairan, sehingga kehidupan

populasi organisme yang berada di perairan tersebut juga akan terpengaruh dengan adanya perubahan nilai DO (Hamuna et al., 2018).

2.2.4 Salinitas

Konsentrasi garam pada suatu perairan disebut dengan salinitas. Tekanan osmotik pada perairan memengaruhi nilai dari salinitas itu sendiri. Semakin besarnya nilai tekanan osmotik pada suatu perairan maka akan semakin tinggi pula salinitasnya. Nilai salinitas pada perairan estuary akan cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan perairan laut. Hal ini terjadi akibat dari banyaknya masukan air tawar dari aliran sungai. Kemampuan pengendalian berat jenis dan keragaman tekanan osmotik suatu organisme akuatik pada ekosistem muara sangat dipengaruhi oleh keragaman nilai salinitas dalam perairan tersebut (Hamuna et al., 2018).

2.7 Faktor Hidro-Oseanografi dan Kaitannya dengan Persebaran Limbah Pencemar

2.3.1 Pasang Surut

Pasang surut air laut mengakibatkan adanya perubahan elevasi pada air laut. Pasang surut sangat memengaruhi arus laut. Terdapat 9 jenis konstanta dalam pasang surut:

1. M₂ Merupakan konstanta komponen utama bulan yaitu semi diurnal
2. S₂ merupakan komponen utama matahari yang juga berupa semi diurnal
3. N₂ merupakan komponen eliptis bulan

4. K2 merupakan komponen bulan
5. K1 merupakan komponen bulan
6. O1 merupakan komponen utama bulan yaitu diurnal
7. P1 merupakan komponen utama matahari yaitu diurnal
8. M4 merupakan komponen utama bulan berupa kuartar diurnal
9. MS4 merupakan komponen matahari dan bulan

Pasang surut memengaruhi transport atau pergerakan sedimen dan air dalam membawa beban polutan dari muara hingga ke laut. Oleh karena itu, pasang surut merupakan faktor hidro-oseanografi yang penting selain dari angin dan arus (Nugroho et al., 2016).

Selain pasang surut, persebaran limbah pencemar juga dipengaruhi oleh angin yang memengaruhi pergerakan dari pasang surut serta arus. Faktor arus merupakan faktor kunci dalam persebaran bahan limbah pencemar yang masuk ke sungai dan dibawa ke laut oleh arus (Nugroho et al., 2016).

2.3.2 Angin

Udara yang bergerak dari tempat dengan tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki temperature rendah ke temperature yang tinggi dan gerakannya dipengaruhi oleh adanya perbedaan tekanan udara adalah pengertian dari angin. Jenis angin di Indonesia sangat beragam, salah satunya yaitu angin laut atau diketahui sebagai angin siang. Angin ini bergerak dari arah laut ke arah darat dan umumnya terjadi pada siang hari. Nelayan

memanfaatkan angin ini untuk pulang setelah melakukan pelayaran. Angin ini biasanya terjadi pada pukul 09.00 hingga 16.00. Kebalikannya, ada yang disebut sebagai angin malam atau angin darat. Angin ini dimanfaatkan nelayan untuk melakukan keberangkatan dalam pelayaran mereka. Umumnya, angin ini terjadi pada pukul 20.00 hingga 06.00. Angin malam memiliki arah bertiup dari darat dan menuju ke laut (Sudarto, 2011).

2.3.3 Arus

Gerakan massa air yang mengalir akibat dari adanya hembusan angin, perbedaan densitas atau massa jenis zat maupun pergerakan gelombang yang panjang disebut sebagai arus. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi arus laut, diantaranya adalah arah angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas, adanya arus pada permukaan laut, serta Gerakan *upwelling* dan juga *downwelling* (Irawan et al., 2018).

Kondisi suatu perairan ditentukan oleh arus. Kondisi suatu perairan dapat menjadi dinamis akibat dari adanya pola dan karakteristik arus, meliputi arus dominan, kecepatan dan arah serta pola pergerakan arus. Arus memiliki peran penting dan berkaitan erat dengan aspek-aspek lainnya dalam perairan, seperti biologi, kimia, dan polutan. Kaitan antara arus dengan aspek-aspek tersebut yaitu mengenai distribusi atau perpindahan unsur-unsur biologi, kimia serta polutan dari satu tempat ke tempat yang lain (Permadi et al., 2015).

2.8 Makrozoobentos

Kumpulan kelompok bentos yaitu merupakan hewan serta berukuran makro disebut dengan makrozoobentos. Makrozoobentos ini memiliki peranan penting terhadap ekosistem yang disinggahinya yaitu sebagai biota kunci dan agen pendegradasi bahan organik atau bahan pencemar lainnya. Makrozoobentos memiliki sensitifitas untuk mendeteksi perubahan lingkungan serta faktor yang menjadikannya berubah dari waktu ke waktu (Arfianti, 2019).

Kumpulan dari berbagai organisme yang menghabiskan seluruh atau hanya sebagian masa hidupnya di dasar perairan disebut dengan makrozoobentos, dengan cara mereka bergerak antara lain merayap, menggali lubang atau hanya diam menetap. Terdapat dua kategori makrozoobentos ditinjau berdasarkan letak hidup mereka, yaitu infauna dan epifauna. Makrozoobentos yang hidupnya terpendam di bawah substrat disebut dengan infauna, sedangkan makrozoobentos yang hidupnya tertelak di permukaan substrat disebut dengan epifauna. Keadaan lingkungan seperti sedimen, salinitas, kedalaman di bawah permukaan air sangat menentukan keberadaan dari makrozoobentos (Isman, 2016).

Makrozoobentos menghabiskan sebagian besar atau bahkan seluruh hidupnya di dasar perairan dengan cara menetap, merayap atau menggali dan tinggal di dalam lubang. Bentuk serta ukuran yang relatif tetap dan besar memudahkan untuk diidentifikasi dan dijadikan sebagai bioindikator. Hal ini karena kelimpahan serta keanekaragaman dari makrozoobentos sangat

dipengaruhi oleh toleransi serta sensitivitasnya terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sekitarnya (Di & Kendari, 2020).

Kondisi lingkungan yang ada di sekitar makrozoobentos menjadi faktor utama yang mampu mengendalikan keanekaragaman dari makrozoobentos. Variabel yang sangat memengaruhi kelimpahan dari makrozoobentos adalah komposisi sedimen ataupun ukuran butir sedimen, salinitas, bahan organik, dan DO. Kunci utamanya adalah ada pada kandungan DO serta kandungan bahan organik yang sangat memengaruhi keberagaman dan distribusi komposisi dari makrozoobentos (Soto et al., 2017).

Peran penting makrozoobentos yaitu berpengaruh pada siklus nutrient di dasar perairan. Makrozoobentos memanfaatkan bakteri, plankton, alga serta bahan organik sebagai sumber utama makanannya. Perubahan yang terjadi pada lingkungan sekitarnya akan memengaruhi struktur serta komposisi pada komunitas makrozoobentos. Terdapat berbagai macam kelas pada makrozoobentos seperti kelas bivalvia dan juga gastropoda (Sabar, 2016).

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan dan keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan terlebih dahulu. Adapun beberapa referensi penelitian yang digunakan dapat dilihat dan tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian yang Dilakukan
1	Latif Sahubawa (2008)	Analisis dan Prediksi Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Kayu Lapis PT. Jati Dharma Indah, serta Dampaknya terhadap Kualitas Perairan Laut	Penelitian ini menggunakan metode observasi dan survey. Sampel limbah diambil secara langsung meliputi TSS, BOD5, COD, total fenol, Hg dan juga plankton. Parameter lain juga diukur secara langsung di lokasi atau <i>in situ</i> meliputi pH dan salinitas.	Kadar parameter pencemaran pada air setelah dianalisis dan dihitung hasilnya menunjukkan bahwa pencemaran yang terjadi di lokasi tersebut telah melampaui ambang batas baik ambang batas baku mutu air laut yang ditetapkan untuk budidaya perikanan maupun baku mutu untuk limbah untuk industri.	Parameter yang diukur berbeda. Penelitian yang dilakukan sekarang menggunakan parameter TSS, BOD, Nitrat dan juga Fosfat. Sedangkan parameter perairan yang diukur meliputi pH, salinitas, kecerahan dan juga DO. Penelitian yang dilakukan juga turut memodelkan persebaran beban pencemarnya.

2	Adam Rus Nugroho, Rudhy Akhwady, Dimas Metakaryanto dan Fahrul Yahya (2016)	Studi Model Distribusi Pencemaran di Pantai Utara Jawa Tengah Menggunakan Model MIKE 21 ECOLab	Penelitian ini menggunakan <i>software</i> QUAL2Kw untuk menghitung kesetimbangan massa beban pencemaran di sungai untuk selanjutnya dianalisis sebaran konsentrasi pencemar menggunakan MIKE21 EcoLab.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sungai Comal memiliki nilai TSS paling tinggi pada musim angin barat dengan nilai $6,75 \times 10^{-5}$ mg/L. Konsentrasi BOD tertinggi ada pada musim angin barat dengan nilai 4,26 mg/L. Kandungan nitrat tertinggi ada pada musim angin timur yaitu 0,333 mg/L dan untuk fosfatnya paling tinggi ada pada musim barat yaitu senilai 0,455 mg/L. Pada Sungai Garang, konsentrasi TSS tertinggi ada pada musim angin barat dengan nilai 0,134mg/L. BOD yang tertinggi nilainya ada pada musim angin barat	Perbedaan variabel pemodelan. Pada penelitian terdahulu menggunakan variabel musim angin barat dan musim angin timur sedangkan pada penelitian saat ini tidak dilakukan berdasarkan musim angin.
---	---	--	---	---	--

				dengan kandungan sebesar 18,21mg/L. Nitrat serta fosfat yang tertinggi nilainya juga ada pada musim angin barat yaitu 2,98mg/L dan 1,82mg/L	
3	Y. Rosdatina, T. Apriadi dan W.R. Melani (2019)	Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Pulau Penyengat, Kepulauan Riau	Penelitian ini dilakukan menggunakan metode purposive sampling sebagai metode penentuan titik pengambilan sampelnya. Analisis yang dilakukan yaitu analisis kualitas perairan serta analisis parameter fisika kimia perairan. Indeks AMBI dilakukan berdasarkan makrozoobentos.	Berdasarkan hasil analisis indeks AMBI, Pulau Penyengat dapat dikatakan tidak tercemar.	Perbedaan penelitian ini dengan yang terdahulu adalah penelitian sekarang ini dilakukan dengan parameter bahan pencemar organik meliputi TSS, BOD, Nitrat dan Fosfat dan dihubungkan dengan kelimpahan makrozoobentos. Penelitian terdahulu ini juga tidak dilakukan pemodelan persebaran pencemaran.

4	Yulihatul Meisarah, I Wayan Restu, Dewa Ayu Angga Pebriani (2019)	Struktur Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali	Metode penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Parameter kualitas air yang diteliti meliputi suhu, pH, salinitas, DO dan kekeruhan. Selanjutnya hasil kelimpahan makrozoobentos dianalisis untuk mengetahui tingkat pencemarannya.	Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut yaitu pada ketiga stasiun nilai keanekaragamannya adalah rendah sehingga dikatakan bahwa jumlah individu setiap spesiesnya rendah serta tidak merata, komunitasnya tidak stabil serta keadaannya telah tercemar berat.	Perbedaan ada pada faktor analisis pencemaran yang digunakan. Penelitian terdahulu hanya menganalisis berdasarkan kelimpahan makrozoobentos saja sedangkan untuk penelitian yang dilakukan sekarang menganalisis melalui berbagai aspek dan dimodelkan persebarannya.
5	Eulogio Soto, Eduardo Quiroga, Benjamín Ganga, Guillermo Alarcón (2016)	<i>Influence of organic matter inputs and grain size on soft-bottom macrobenthic biodiversity in the upwelling ecosystem of central Chile</i>	Pengambilan data dilakukan selama 4. Pengambilan sampel dilakukan pada patahan benua. Pada setiap kolom kedalaman, dilakukan pengukuran suhu, salinitas dan DO menggunakan	Biomassa tertinggi adalah <i>Amphipus magellanicus</i> atau <i>Ophiuroidea</i> . Keanekaragaman makrobentik yang tertinggi berada di tempat yang dangkal dan semakin dalam keanekaragamannya semakin rendah. Studi korelasi	Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan yang dilakukan secara garis besar ada pada faktor pengambilan sampel (penelitian terdahulu didasarkan pada 4 musim dan yang sekarang tidak berdasarkan musim), dan

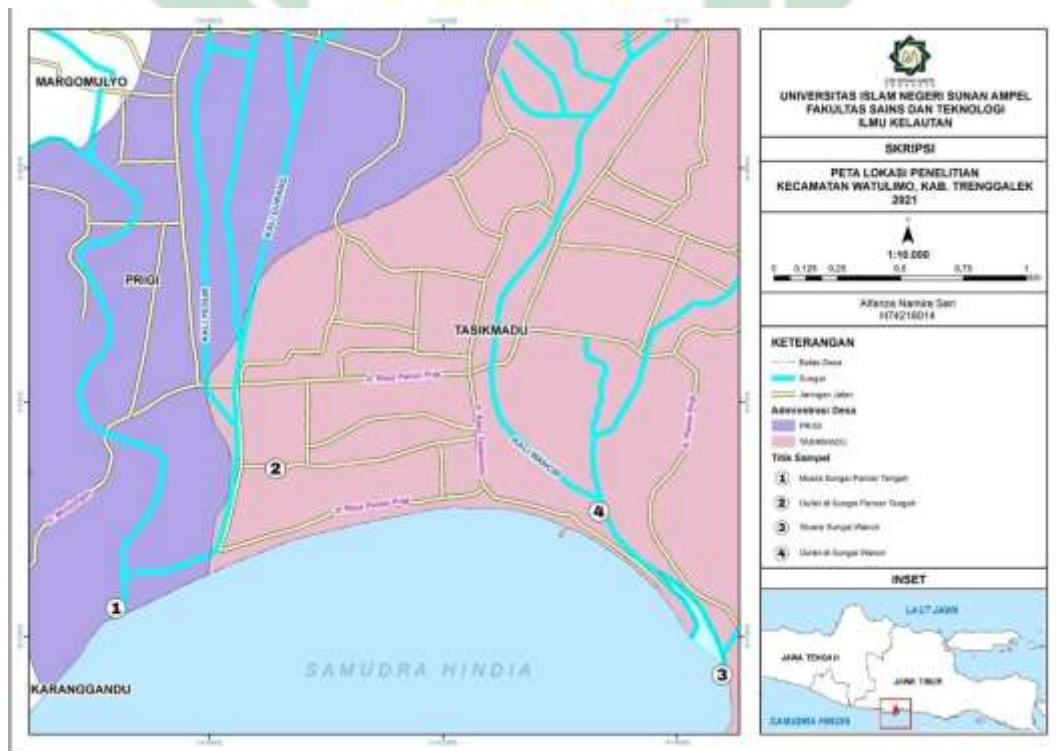
			<p>an CTDO. Sampel sedimen yang diambil dianalisis kandungan TOM nya lalu dianalisis hubungan korelasi nya dengan makrozoobentos menggunakan analisis Pearson.</p>	<p>menunjukkan hasil bahwa keanekaragaman dan jumlah dari spesies memiliki keterkaitan yang kuat pada kandungan bahan organik seperti C-organik dan komposisi dari jenis dan ukuran sedimennya.</p>	<p>bahan organik yang diteliti (terdahulu meliputi Corganik dan TOM, untuk yang sekarang meliputi TSS, BOD, Nitrat dan Fosfat.</p>
6	Rafita Farantika, Sapto Purnomo Putro, Agus Indarjono	<p><i>Biomonitoring application using macrozoobenthic assemblages at coastal area of Menjangan Besar Island, Kepulauan Karimunjawa, Indonesia</i></p>	<p>Data dari parameter abiotic yang diteliti adalah meliputi komposisi kandungan bahan organik, substrat sedimen, DO, pH, salinitas, temperature dan arus air. Analisis korelasi yang digunakan metode non-parametrik multivariansi prosedur dengan BIO-ENV.</p>	<p>Hasil dari proses pengolahan data menunjukkan bahwa kelas yang umum ditemukan adalah kelas Gastropoda dan Bivalvia.</p>	<p>Perbedaan penelitiannya terletak pada parameter yang diukur serta metode analisis korelasi yang digunakan.</p>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

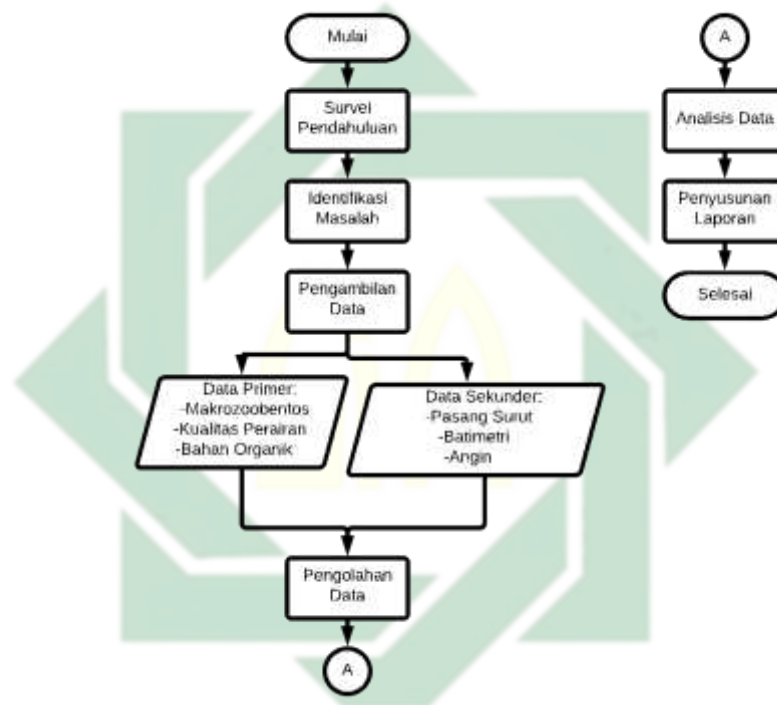
Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Lokasi pengambilan sampel, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.1, yaitu dimulai dari saluran pembuangan limbah ikan perikanan hingga ke muara sungai yang terdampak oleh limbah perikanan tersebut yaitu muara sungai Muara Sungai Wancir dan muara sungai Muara Sungai Pancer tengah, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek Jawa Timur.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari survei pendahuluan serta identifikasi masalah, kemudian berlanjut ke studi literatur lalu dilakukan pengambilan data dan olah data seperti yang tertera pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Diperlukan beberapa alat serta bahan untuk melakukan penelitian ini.

Daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Keterangan
1.	Data Pasang Surut Tahun 2021	Sumber: Badan Informasi Geospasial (BIG)
2.	Data Angin	Sumber: ECMWF

3.	Data Batimetri	Sumber: DIHIDROS AL
4.	Laptop	Menjalankan Perangkat Lunak
5.	<i>Software</i> MIKE21	Memodelkan Persebaran Beban Pencemar
6.	<i>Software</i> SPSS	Analisis Korelasi
7.	<i>Software</i> Ms. Excel	Olah Data Primer dan Pasang Surut
8.	<i>Core sampler</i>	Mengambil Sedimen
9.	Salinometer	Mengukur Salinitas
10.	DO Meter	Mengukur DO
11.	<i>Secchi disk</i>	Mengukur Kecerahan
12.	Plastik Kilo	Wadah Sampel Sedimen dan Makrozoobentos
13.	<i>Coolbox</i>	Wadah untuk Menyimpan Sampel
14.	Oven	Mengeringkan Sedimen
15.	<i>Shiever shaker</i>	Mengayak Sedimen
16.	pH paper	Mengukur pH

3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan selama kurun waktu 2 bulan selama seminggu sekali yang dimulai dari Bulan September hingga Oktober. Pada penelitian ini, terdapat dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung pada lokasi atau wilayah penelitian yang telah ditentukan (Pratiwi, 2017). Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel makrozoobentos, sampel bahan pencemar, dan sampel kualitas perairan. Data sekunder bersumber dari dokumen yang telah tersedia di berbagai tempat maupun situs dan bersifat mendukung keperluan dari data primer yang telah didapatkan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data pasang surut prediksi dan real-time, data arus, data arah dan kecepatan angin serta data batimetri.

3.4.1 Sampel Makrozoobentos

Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* dan diambil menggunakan sekop. Pengambilan sampel makrozoobentos dilakukan pada 2 stasiun yaitu pada *outlet* limbah serta pada muara sungai.

3.4.2 Sampel Bahan Pencemar dan Sedimen

Bahan pencemar yang diteliti meliputi TSS, BOD, Nitrat, dan Fosfat yang diidentifikasi dari sedimen. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 3 (tiga) titik kedalaman yang berbeda, yaitu 10 cm, 20 cm dan 30 cm dari permukaan dengan menggunakan *core sampler* berbentuk pipa. Titik pengambilan sampel sedimen adalah sama dengan titik pengambilan sampel makrozoobentos. Sampel sedimen diambil menggunakan metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel yang didasarkan pada kriteria tertentu dan diyakini memiliki sifat ataupun hubungan erat serta dapat mewakili dari suatu populasi. Setelah sampel sedimen diambil, maka selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik lalu dimasukkan ke dalam *coolbox* dan dibawa ke laboratorium untuk pengujian lebih lanjut.

Penentuan jenis sedimen dilakukan berdasarkan perhitungan proporsi kandungan ukuran partikel pasir, kerikil dan juga lumpur. Perhitungan tersebut dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\%berat = \frac{\text{berat fraksi } i}{\text{berat total sampel}} \times 100$$

Pengolahan sampel sedimen dimulai dari menimbang berat basah sedimen untuk selanjutnya diangin-anginkan dan dioven pada suhu 100⁰C selama 24 jam atau hingga benar-benar seluruh sedimen kering. Setelah sedimen kering, selanjutnya sedimen ditimbang dan dilakukan pengayakan menggunakan mesin *Shiever shaker*. Cara kerja mesin ini adalah mengayak dan menyaring sedimen sesuai dengan ukuran butirnya. Sampel yang tertinggal pada masing-masing ukuran saringan ditimbang dan dianalisis (Piranto et al., 2019).

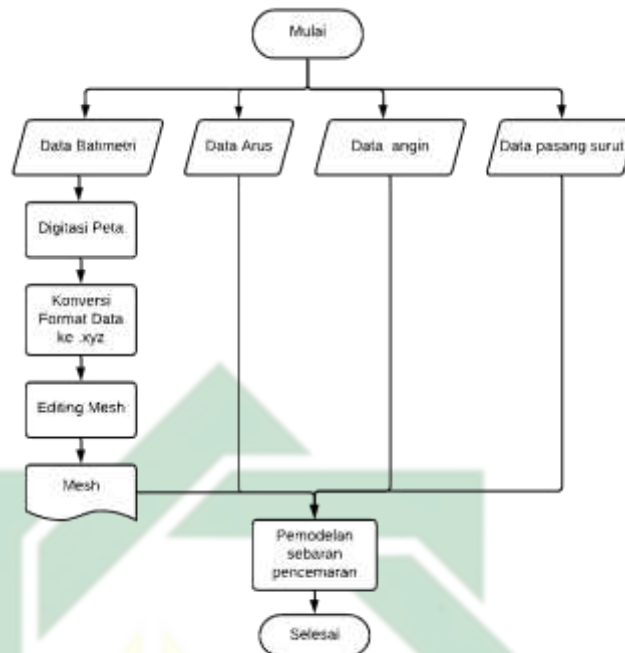
3.4.3 Sampel Kualitas Air

Pengambilan sampel kualitas air yaitu meliputi pH, salintas, kecerahan, dan DO dilakukan pada saat sebelum mengambil sampel uji kandungan bahan pencemar dan sampel sedimen. Pengujian kualitas air dilakukan secara langsung di tempat atau *in situ* dengan masing-masing dilakukan tiga kali perulangan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 Pemodelan Persebaran Bahan Pencemar

Diagram alir pemodelan persebaran bahan pencemar dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pemodelan Persebaran Bahan Pencemar

Pembuatan model pola persebaran bahan pencemar dimulai dari membuat peta batimetri terlebih dahulu. Selanjutnya dilakukan perhitungan pasang surut menggunakan metode *Least Square* dengan rumus berikut:

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

Perhitungan tersebut dilakukan untuk menemukan nilai Formzhal. Dari nilai Formzhal yang ditemukan, maka dapat menentukan jenis pasang surut pada suatu perairan (Nugroho et al., 2016).

Jika:

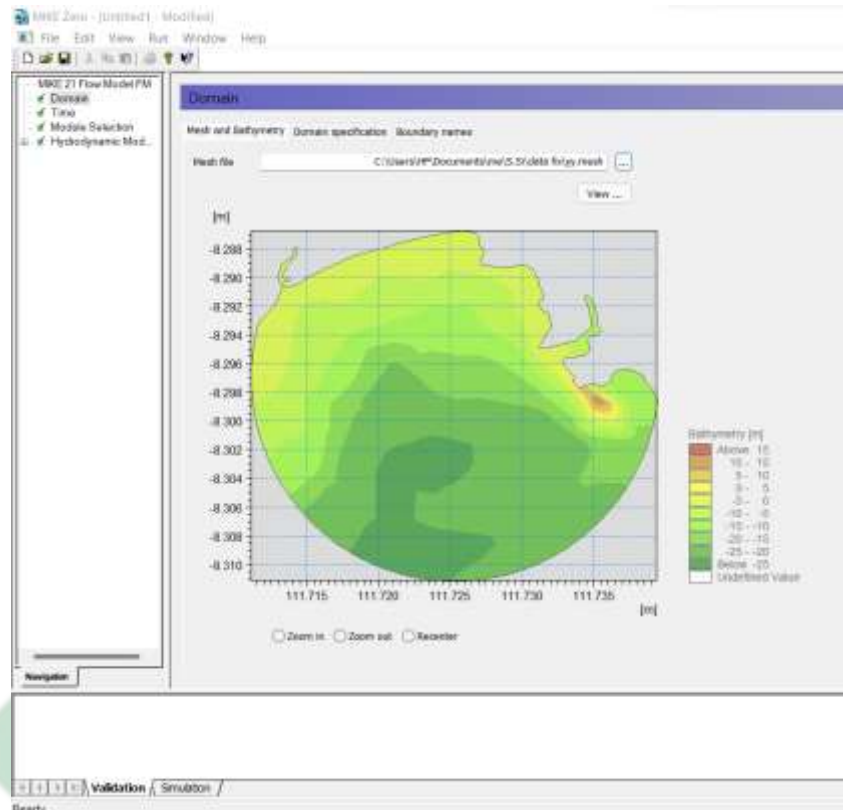
1. $F \leq 0,25$ maka tipe pasang surutnya adalah harian ganda

2. $F = 0,26 - 1,50$ maka tipe pasang surutnya adalah campuran condong ke harian ganda
3. $F = 1,50 - 3,00$ maka tipe pasang surutnya adalah campuran condong ke harian tunggal
4. $F \Rightarrow 3,00$ maka tipe pasang surutnya adalah harian tunggal

Setelah dilakukan perhitungan nilai Formzhal, langkah selanjutnya adalah menghitung kecepatan serta arah angin menggunakan *software Windrose*. Setelah didapatkan nilai kecepatan dan arah angin langkah selanjutnya adalah mencari nilai kecepatan arus yang didapatkan dari hasil pengolahan data pasang surut dan data angin.

Pembuatan peta pola persebaran bahan pencemar membutuhkan data angin, data pasang surut, data batimetri serta data bahan pencemar pada tanggal pengambilan sampel. Pembuatan peta pola persebaran dilakukan menggunakan *software MIKE21 Eco Lab*.

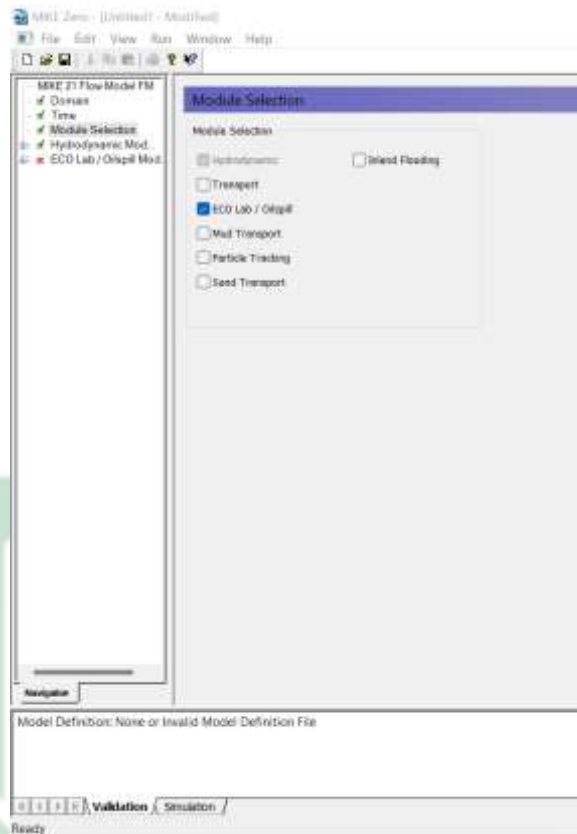
Pembuatan peta pola persebaran dimulai dengan memilih Flow Model pada menu File New, selanjutnya memasukkan data batimetri pada menu domain seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Pemilihan Menu Flow Model

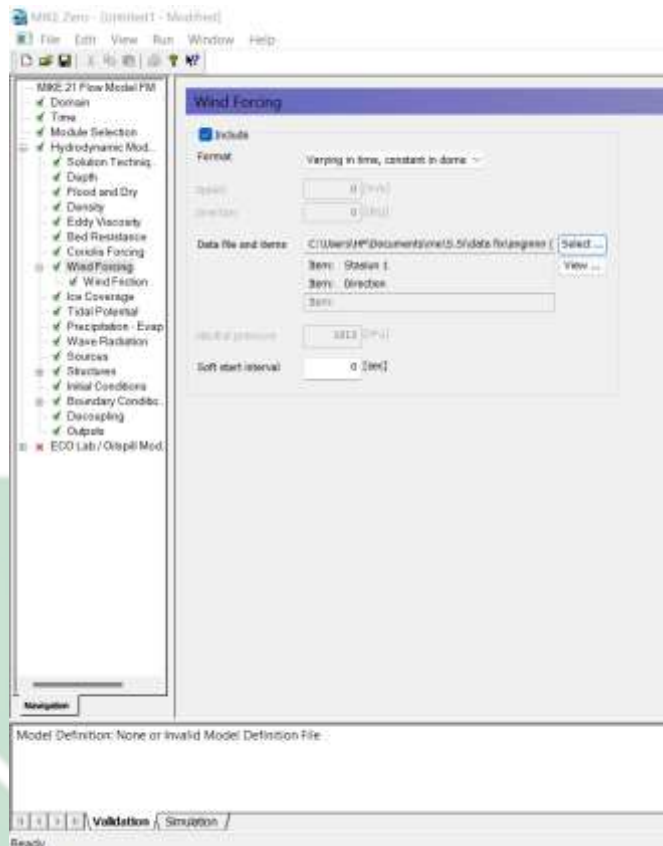
Setelah data batimetri berhasil terbaca, selanjutnya menentukan waktu *running* model nantinya. Pada penelitian ini, waktu yang dimasukkan adalah menyesuaikan dengan tanggal pengambilan data bahan pencemar di lapangan. Selain tanggal, dibutuhkan juga ketentuan interval waktu untuk *running* modelnya, pada penelitian ini interval waktu yang digunakan adalah selama 24 jam.

Langkah selanjutnya yaitu memilih modul Eco Lab pada menu *Module Selection* seperti pada Gambar 3.5. Modul Eco Lab ini nantinya yang akan digunakan untuk mengetahui pola persebaran bahan pencemar pada lokasi penelitian.



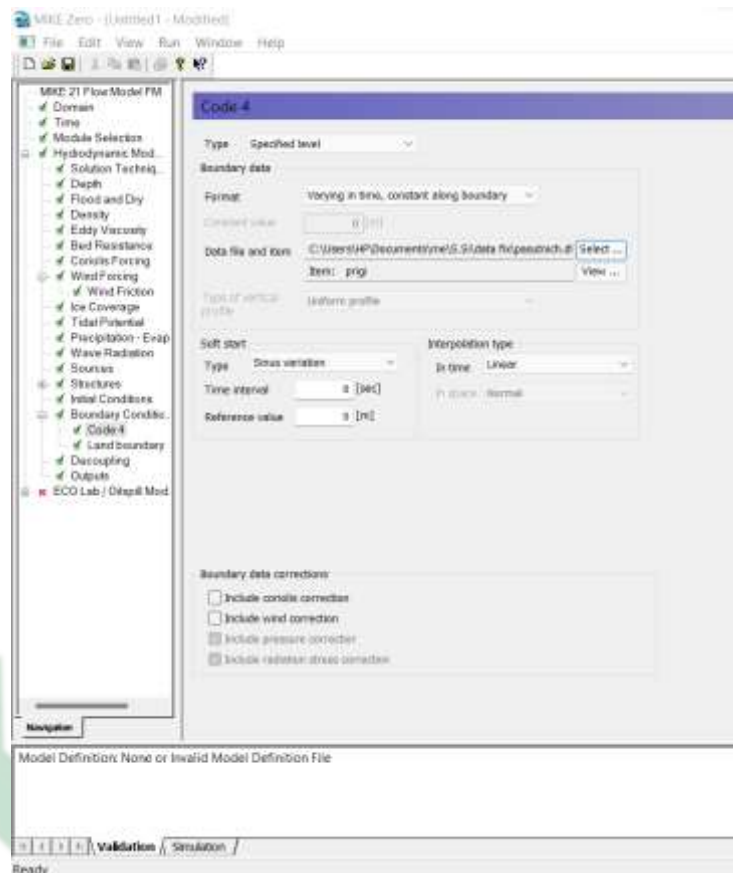
Gambar 3. 5 Pemilihan Modul EcoLab

Setelah Modul dipilih, selanjutnya adalah memasukkan data angin yang telah diolah sebelumnya seperti pada Gambar 3.6. Data angin diinput pada menu *Hydrodynamic Module – Wind Forcing*. Pada kotak dialog *include* perlu dicentang terlebih dahulu supaya bisa memasukkan data angin. Pada pilihan *Format*, dipilih menu *varying in time, constant in domain*.



Gambar 3. 6 Input Data Angin

Berikutnya adalah memasukkan data pasang surut yang juga telah diolah sebelumnya. Data pasang surut dapat *diinput* pada menu *boundary – code 4 – type specified level – format varying in time, constant along boundary* seperti pada Gambar 3.7, baru kemudian dimasukkan data pasang surutnya.



Gambar 3. 7 Input Data Pasang Surut

Pada modul hidrodinamika juga perlu dispesifikkan untuk *output*nya. Setelah itu baru dilakukan pengolahan modul EcoLabnya.

Pada modul EcoLab, perlu memilih modul lagi untuk menentukan jenis polutannya. Pada penelitian ini menggunakan modul MIKE21/3 WQ *with nutrients* seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Pilih Jenis Modul EcoLab

Setelah itu barulah semua data bahan pencemar dimasukkan.

Input nilai bahan pencemar sesuai dengan hasil pengambilan data lapangan. Setelah selesai, model baru bisa *dirunning*.

Langkah selanjutnya setelah pengolahan data selesai, maka perlu dilakukan perhitungan persen error relatif. Jika nilai persen error relatif yang didapatkan lebih kecil maka model yang dihasilkan adalah semakin baik. Berikut merupakan rumus persamaan error relatif:

$$\text{Persen error relatif} = \frac{[A - B]}{A} \times 100\%$$

Dimana A merupakan hasil pengukuran dan B merupakan nilai dari model yang dihasilkan (Törnqvist et al., 1985).

3.5.2 Makrozoobentos, Bahan Pencemar dan Kualitas Perairan

1. Makrozoobentos

Sampel makrozoobentos yang didapatkan selanjutnya diidentifikasi hingga ke tingkat spesies untuk mengetahui dan menghitung kelimpahan dari makrozoobentos pada setiap titik stasiun dan waktu. Perhitungan kelimpahan makrozoobentos dilakukan menggunakan rumus:

$$D = \frac{ni}{A}$$

D merupakan kelimpahan dengan satuan ind/m³, ni merupakan jumlah dari individu jenis yang didapatkan, dan A merupakan luas total area pengambilan sampel makrozoobentos dengan satuan m² (Meisaroh et al., 2018).

Luas area pengambilan sampel pada penelitian ini yaitu menggunakan luas 30 cm x 30 cm dengan perulangan sebanyak 3 kali. Perhitungan kelimpahan makrozoobentos dilakukan menggunakan rumus Shannon-Wiener (Alwi et al., 2020).

$$Y = \frac{a}{b} \times 10000$$

Dimana keterangan rumus di atas adalah:

Y : Kelimpahan Jenis Individu (ind/m³)

a : Jumlah makrozoobentos yang didapatkan (ind)

b : Luas area plot x jumlah perulangan

10000 : Nilai Konversi dari cm² ke m²

2. Bahan Pencemar

Pengujian kandungan bahan pencemar dilakukan di Laboratorium Kimia dan Lingkungan BARISTAND INDUSTRI Surabaya. Pengujian Nitrat menggunakan metode SNI 6989.79:2011 yang secara singkat, penentuan nilai konsentrasi Nitrat ini dilakukan dengan cara pembacaan nilai absorbansi yang dilakukan melalui alat Spektrofotometer dengan rentang panjang gelombang adalah 543nm. Senyawa Nitrat dalam sampel diuji dan direduksi menjadi nitrit dengan menggunakan cadmium yang dilapisi oleh tembaga dalam suatu kolom. Nitrit total dari hasil reaksi sulfanilamid dalam suasana asam selanjutnya menghasilkan senyawa diazonium. Senyawa diazonium yang dihasilkan adalah ekuivalen dengan nilai senyawa azo pada nitrit total.

Sedangkan untuk melakukan uji Fosfat, metode SNI yang digunakan adalah SNI 06.6989.31-2005. Prinsip dalam melakukan uji konsentrasi Fosfat secara umum adalah dalam suasana yang asam, ammonium molibdat dan kalium antimonitrat akan bereaksi dengan ortofosfat dan menghasilkan senyawa asam fosfomolibdat untuk selanjutnya direduksi dengan asam askorbat dan menghasilkan kompleks biru molibden. Panjang gelombang spektrofotometer yang digunakan untuk membaca nilai absorbansi Fosfat adalah 880nm (Rigitta et al., 2015).

Selain Nitrat dan Fosfat, pengukuran BOD dan TSS juga mengacu pada metode SNI yang ada. BOD mengacu pada SNI 6989.72:2009. Prinsip pengukuran kadar BOD sederhananya adalah dengan mengukur terlebih dahulu kadar DO awal (DO_0) dari sampel. Selanjutnya sampel diinkubasi selama 5 hari dalam kondisi gelap dan suhu stabil untuk kemudian diukur kembali DO nya dan disebut sebagai DO_5 . Nilai BOD didapatkan dari adanya nilai selisih antara DO awal dan DO yang telah diinkubasi tersebut, dinyatakan dalam satuan milligram per liter atau mg/L (Yulis et al., 2018).

Penentuan kadar TSS dilakukan dengan mengacu pada metode SNI 06-6989.3-2004 secara gravimetri. Prinsip penentuan kadar TSS ini secara sederhana adanya menguji sampel yang telah homogen dan dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang sebelumnya telah ditimbang. Sisa sampel atau residu yang tertahan pada kertas saring selanjutnya dikeringkan hingga mencapai berat yang konstan atau stabil di suhu $103^{\circ}C$ hingga $105^{\circ}C$. Adanya kenaikan pada berat saringan sama dengan jumlah total padatan tersuspensi. Nilai TSS didapatkan dari perhitungan pada perbedaan antara total padatan yang terlarut dengan total padatan.

3. Kualitas Perairan

Kualitas perairan yang diambil dari lokasi muara akan disesuaikan dengan baku mutu air laut untuk biota laut yang berlaku

dan ditetapkan oleh KepMen LH No 5 Tahun 2004 seperti yang tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Laut KepMen LH No.51 Tahun 2004

Parameter (satuan)	Baku Mutu
Kecerahan (m)	Alami
Salinitas (ppm)	Alami (s/d 34)
DO (mg/L)	>5
Nitrat (mg/L)	0,015
Fosfat (mg/L)	0,008
TSS (mg/L)	Coral dan lamun: 20 Mangrove: 80
BOD (mg/L)	20
pH	7 – 8,5

Baku mutu air limbah industri perikanan dapat dilihat pada Tabel 3.3. Baku mutu tersebut merupakan ketentuan dari Pergub. Jatim Nomor 72 tahun 2013.

Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Limbah Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

Parameter (Satuan)	Kadar Maksimal
TSS (mg/L)	150
BOD (mg/L)	60
pH	6,0 – 9,0

3.6 Analisis Data

Dilakukan analisis korelasi antara kelimpahan makrozoobentos dengan kandungan bahan pencemar menggunakan analisis korelasi pearson dengan *software* SPSS. Analisis statistik yang digunakan untuk mencari

hubungan antara macam-macam variabel data numerik merupakan pengertian dari analisis korelasi Pearson (Bertan et al., 2016).

Korelasi dikatakan sangat rendah jika nilai berkisar antara 0,00 – 0,199. Korelasi dikatakan rendah jika nilai berkisar antara 0,20 – 0,399. Korelasi dikatakan sedang jika nilai berkisar antara 0,40 – 0,599. Korelasi dikatakan kuat jika nilai berkisar antara 0,60 – 0,799. Terakhir, jika nilai yang didapatkan adalah 0,80 – 1,00 maka korelasinya adalah sangat kuat (Bertan et al., 2016).



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan

4.1.1 Parameter Lingkungan

Kondisi lingkungan pada lokasi perairan setelah dilakukan pengambilan sampel dan pengujian serta pengulangan, didapatkan hasil sesuai dengan yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Parameter Lingkungan Outlet Sungai Pancer Tengah

No	Parameter Uji	Outlet di Sungai Pancer Tengah	Muara Sungai Pancer Tengah	Outlet di Sungai Wancir	Muara Sungai Wancir	Baku Mutu
1	Salinitas (ppm)	1,61 ± 0,35	2,87 ± 0,39	1,6 ± 0,38	2,90 ± 0,42	alami s/d 34 ppm
2	Kecerahan (m)	1,45 ± 0,07	-	1,85 ± 0,07	-	alami
3	pH	9,4 ± 0,2	9,1 ± 0,4	9,3 ± 0,4	9,1 ± 0,4	7 - 8,5
4	DO (mg/L)	0,81 ± 0,11	0,74 ± 0,06	0,65 ± 0,08	0,74 ± 0,06	> 5

Nilai rata-rata salinitas yang tertinggi ada pada Muara Sungai Wancir dengan nilai 2,90 ppm. Jika meninjau dari nilai baku mutu, nilai salinitas untuk wilayah muara atau estuari tersebut masih dapat dikategorikan alami. Menurut Indramawan & Manan, (2011), pengertian muara itu sendiri merupakan tempat bertemunya antara air laut dan air tawar, sehingga wilayah muara memiliki karakteristik

yang unik. Salinitas di wilayah muara sangat dipengaruhi oleh banyak atau sedikitnya air laut yang masuk ke muara.

Kecerahan pada lokasi penelitian hanya dapat terukur di Outlet Sungai Pancer Tengah dan Outlet Sungai Wancir. Nilai kecerahan tertinggi ada pada Outlet di Sungai Wancir dengan nilai 1,85 meter. Nilai kecerahan yang terendah ada pada Outlet di Sungai Pancer Tengah dengan nilai 1,45 meter. Jika mengacu pada baku mutu, kedua nilai kecerahan tersebut dikategorikan keruh. Keruh atau tidaknya suatu perairan akan memengaruhi produktivitas perairan itu sendiri. Kategori perairan di lokasi penelitian termasuk ke dalam kategori perairan eutrofik dikarenakan tingkat kecerahannya kurang dari 3 meter. Sedangkan kecerahan pada kedua muara tidak dapat terukur karena kedalaman pada muara yang cenderung dangkal serta airnya yang cenderung jernih.

Nilai rata-rata pH yang tertinggi ada pada Outlet di Sungai Pancer Tengah dengan besar nilainya adalah 9,4. Jika mengacu pada baku mutu, maka nilai pH tersebut telah melebihi ambang batas aman. Kondisi suatu perairan yang terlalu basa dapat membahayakan keberlangsungan hidup organisme di perairan tersebut. Nilai pH yang terlalu tinggi dapat berakibat pada terganggunya keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam air. Jika kandungan amoniak dalam suatu perairan sangat tinggi, maka akan berubah menjadi bersifat toksik bagi organisme. Nilai pH juga erat kaitannya dengan

konsentrasi bahan organik yang terkandung dalam sedimen dan memiliki peran dalam pengaruh sebaran organisme yang proses metabolismenya bergantung pada faktor pH. pH memiliki peran penting dalam memengaruhi proses biokimia (Arizuna et al., 2014).

Nilai DO pada lokasi penelitian dikategorikan sangat rendah jika mengacu pada baku mutu. Nilai DO yang rendah dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, karena DO merupakan parameter utama untuk menentukan kualitas suatu perairan. Salah satu faktor biologis yang memengaruhi nilai tinggi rendahnya DO adalah padat atau tidaknya suatu perairan oleh organisme perairan itu sendiri. Ketersediaan DO juga dipengaruhi oleh faktor fisika kimia perairan dan juga masukkan limbah pada perairan tersebut. Semakin tinggi pasokan limbah yang masuk ke dalam suatu perairan, maka nilai DO akan semakin menurun. (Mubarak et al., 2010). Salah satu gas terlarut atau oksigen memiliki peran penting bagi seluruh organisme untuk bernafas serta berperan dalam proses penguraian senyawa. Rendahnya nilai DO menggambarkan kritisnya level oksigen di suatu lokasi perairan. Jika nilai DO dibawah 2 mg/l, maka kondisinya sudah dapat dikatakan *hypoxic* atau kekurangan oksigen terlarut. Semakin lama berada dalam kondisi *hypoxic*, maka organisme di perairan tersebut akan mengalami tekanan yang terus menerus dan organisme tersebut menjadi stres. Kondisi *hypoxic* juga

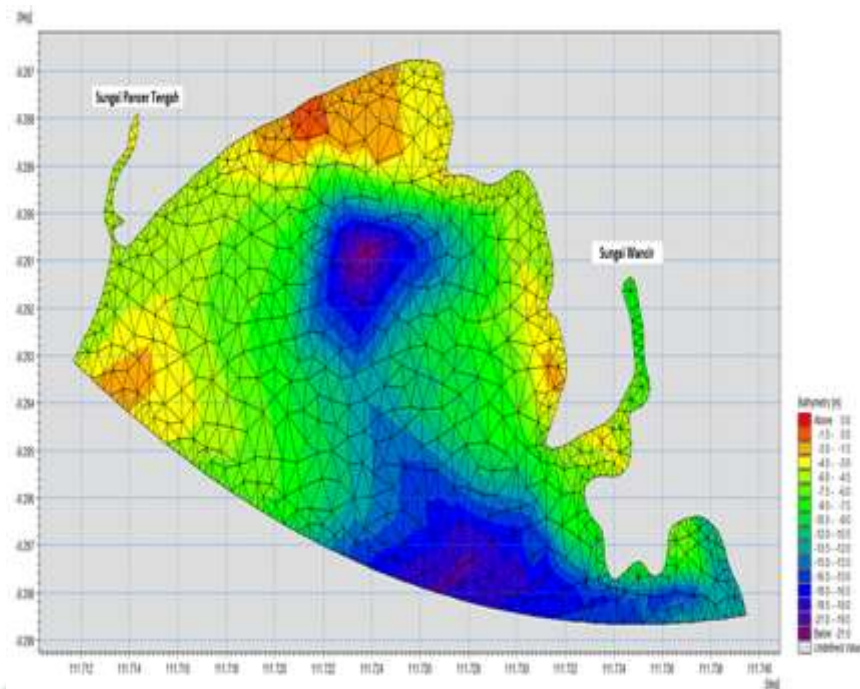
dapat berubah menjadi *anoxic* dan dapat menyebabkan organismenya mengalami kematian secara massal (Putri, 2008).

4.1.2 Parameter Hidro-oseanografi

A. Batimetri

Pembuatan peta batimetri atau peta kedalaman laut di lokasi penelitian, dilakukan menggunakan *software* Google Earth, ArcGis dan MIKE21 untuk visualisasi hasil akhir peta batimetri. Pembuatan peta batimetri dilakukan dengan mendigitasi garis pantai terlebih dahulu pada *software* Google Earth. Digitasi garis pantai nantinya akan menghasilkan format .xyz yang selanjutnya akan diekspor, diubah format dan diolah lebih lanjut menggunakan *software* ArcGIS.

Pengolahan data menggunakan ArcGIS, perlu mengunduh peta batimetri terlebih dahulu untuk digunakan sebagai data *overlay* dari hasil digitasi peta. Setelah peta dan garis pantai dioverlay, maka selanjutnya dilakukan penyesuaian titik kedalaman. Pada penelitian ini, koreksi titik kedalaman menggunakan website <https://webapp.navionics.com/>. Setelah dikoreksi, maka selanjutnya dilakukan pembuatan *boundary* menggunakan *software* MIKE21. Setelah *boundary* dibuat, selanjutnya dilakukan *generate mesh* dan interpolasi untuk menghasilkan peta batimetri final. Batimetri pada lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Batimetri di Lokasi Penelitian

Pada peta batimetri yang tertera di Gambar 4.1, terlihat bahwa kedalaman di daerah Muara Sungai Pancer Tengah berkisar pada kedalaman 4-8 meter. Sedangkan untuk kedalaman pada Muara Sungai Wancir, berkisar antara 4-20 meter. Hal ini dikarenakan pada Muara Sungai Wancir dekat dengan Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi.

B. Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut prediksi untuk selanjutnya dilakukan perhitungan nilai Formzhal pasang surut dengan tujuan untuk mengetahui jenis pasang surut pada lokasi penelitian. Perhitungan dilakukan menggunakan metode *Least square* karena menurut hasil penelitian Ulum & Khomsin (2013), penggunaan metode perhitungan pasut *Least square* nilai

persen errornya adalah jauh lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode Admiralty. Hasil perhitungan pasang surut pada lokasi penelitian tertera pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Komponen Pasang Surut

M2	0,49
S2	0,28
K1	0,24
O1	0,14
N2	0,08
P1	0,07
K2	0,08
Q1	0,04
F	0,49

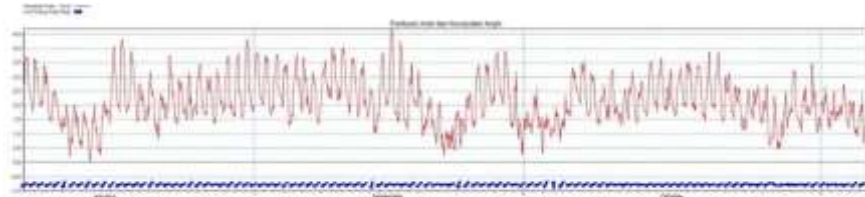
Nilai Formzhal yang dihasilkan adalah sebesar 0,49 dimana pada kategori jenis pasang surut termasuk ke dalam jenis pasang surut campuran condong ke harian ganda.

Pasang surut merupakan salah satu faktor yang memengaruhi pergerakan arus selain dari angin. Gerakan pada saat pasang maupun surut turut serta membawa kandungan nutrisi maupun bahan pencemar pada suatu perairan. Persebaran nutrisi serta bahan pencemar sangat dipengaruhi oleh gerakan pasang dan surut (Sembiring et al., 2012).

C. Angin

Data selama 3 bulan yang dimulai dari bulan Agustus hingga bulan Oktober diunduh melalui website *Copernicus* dengan alamat

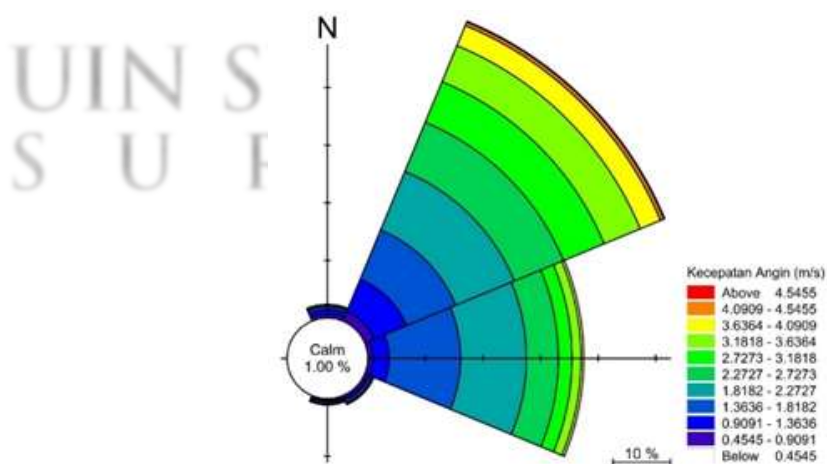
websitenya adalah <https://cds.climate.copernicus.eu/> selanjutnya diolah menggunakan *software* MIKE21 untuk mengetahui arah dan kecepatan angin. Hasil pengolahan data angin selama 3 bulan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Angin di Lokasi Penelitian selama 3 Bulan

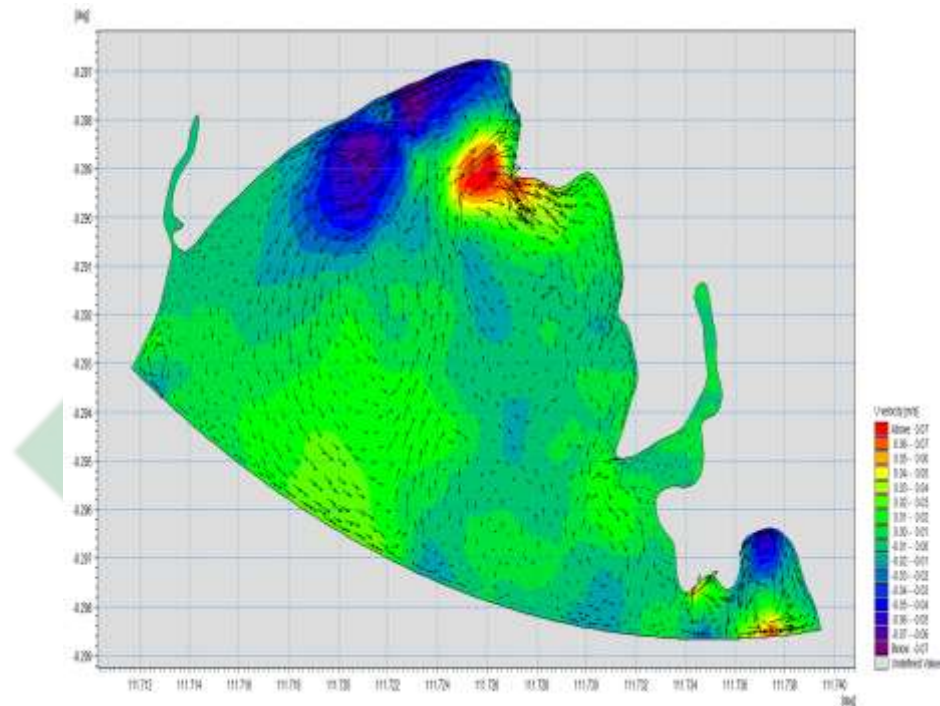
Pada Gambar 4.2 di atas, terlihat bahwa kecepatan angin paling tinggi ada pada bulan September, sedangkan kecepatan angin yang paling rendah ada pada bulan Agustus. Panah pada grafik di atas menjelaskan arah datang angin.

Pada gambar *rose plot* yang tertera di Gambar 4.3, akan digambarkan secara lebih jelas mengenai kecepatan serta arah angin selama 3 bulan:



Gambar 4. 3 *Rose Plot* Kecepatan dan Arah Angin

Kecepatan angin dominannya adalah ditunjukkan pada kecepatan 1,81 – 2,27 m/s dengan arah bertiup angin dari arah timur laut. Kecepatan angin paling rendah berkisar pada angka $> 0,4545$ m/s.



Gambar 4. 4 Hasil Model Angin di Lokasi Perairan Penelitian

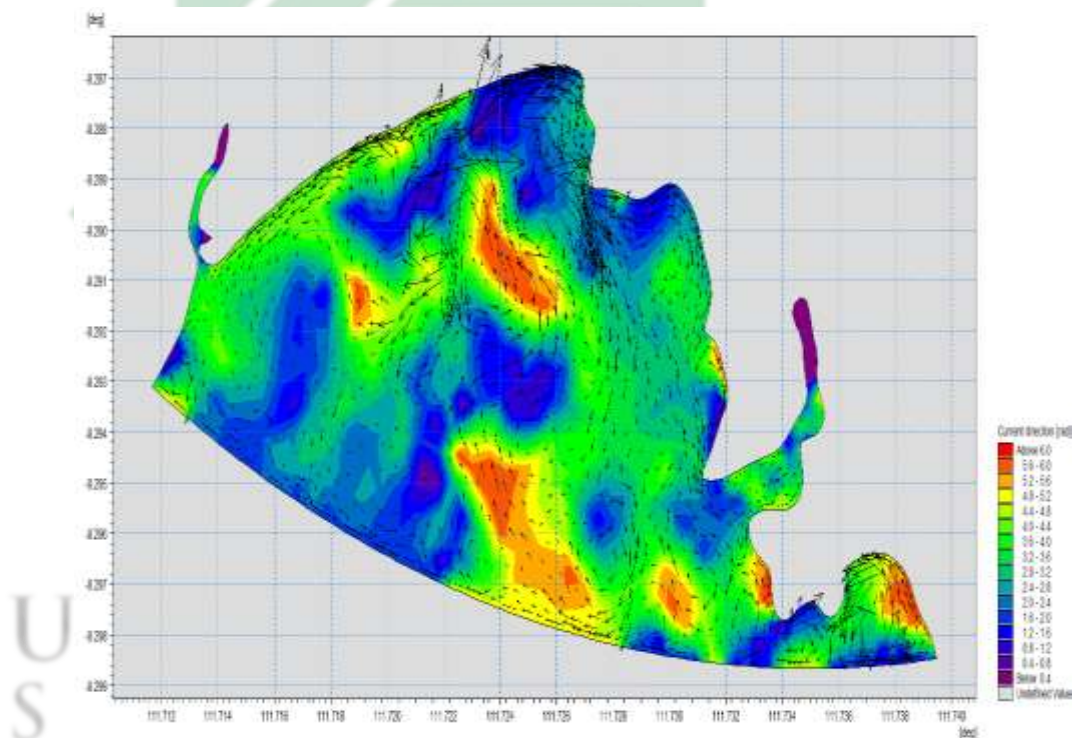
Pergerakan angin berdasarkan hasil pemodelan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. Angin memberikan pengaruh terhadap pergerakan pasang surut air laut serta arus laut. Sehingga, pergerakan angin nantinya juga akan memengaruhi pola sebaran dari polutan itu sendiri.

Faktor utama yang memengaruhi kecepatan arus permukaan adalah angin. Angin juga merupakan salah satu faktor fisik yang

dapat memengaruhi pola gerak massa air di suatu perairan (Siswanto & Romadhon, 2016).

D. Arus

Arus dihasilkan dari adanya pergerakan pasang surut air laut dan juga angin. Pola arus rata-rata pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pola Arus Rata-Rata

Kecepatan arus dimulai dari yang terendah adalah dibawah 0,045 m/s hingga yang tertinggi adalah lebih dari 0,165 m/s. Adanya arus adalah akibat dari pengaruh angin dan juga pasang surut di perairan. Arus adalah salah satu faktor penting dalam hidro-oseanografi yang memiliki peran dalam menentukan kondisi di suatu

perairan. Arus memiliki kecepatan dan juga arah gerakannya, sehingga akan membentuk pola di suatu wilayah perairan (Permadi et al., 2015).

4.1.3 Kandungan Bahan Pencemar

Hasil uji kandungan bahan pencemar meliputi Nitrat, Fosfat, TSS atau *Total Oxygen Demand* dan juga BOD atau *Biological Oxygen Demand* tertera pada Tabel 4.1.3 hingga 4.1.6.

Tabel 4.1.3 Kandungan Bahan Pencemar di Muara Sungai Wancir

No	Bahan Pencemar	Nilai
1	Nitrat	13,125 ± 7,53
2	Fosfat	6,25 ± 2,12
3	TSS	7,75 ± 1,67
4	BOD	4,78 ± 1,26

Tabel 4.1.4 Kandungan Bahan Pencemar di Outlet Sungai Wancir

No	Bahan Pencemar	Nilai
1	Nitrat	11,25 ± 5,82
2	Fosfat	6,75 ± 2,55
3	TSS	7,25 ± 1,49
4	BOD	4,51 ± 1,89

Tabel 4.1.5 Kandungan Bahan Pencemar di Muara Sungai Pancer Tengah

No	Bahan Pencemar	Nilai
1	Nitrat	10,63 ± 6,23
2	Fosfat	7,38 ± 2,13
3	TSS	7,75 ± 1,67
4	BOD	6,49 ± 4,28

Tabel 4.1.6 Kandungan Bahan Pencemar di Outlet Sungai Pancer Tengah

No	Bahan Pencemar	Nilai
1	Nitrat	13,75 ± 6,94
2	Fosfat	7,75 ± 1,91
3	TSS	8,25 ± 1,28
4	BOD	4,42 ± 2,32

Pada Tabel 4.1.5 dan 4.1.6, dapat terlihat bahwa kandungan Nitrat tertinggi ada pada stasiun ada pada Outlet Industri Perikanan di Sungai Pancer Tengah. Nilai rata-rata dari kandungan Nitrat selama pengambilan sampel sebanyak 8 kali yaitu sebesar 13,75 mg/L. Sedangkan untuk nilai kandungan Nitrat yang terendah ada pada stasiun Muara Sungai Pancer Tengah. Nilai rata-rata kandungan Nitratnya adalah sebesar 10,63 mg/L.

Bentuk utama dari Nitrogen yang berada di perairan adalah Nitrat. Nitrat adalah nutrisi atau bahan makanan utama bagi pertumbuhan tanaman maupun alga dalam suatu perairan. Sifat yang dimiliki oleh Nitrat ini adalah mudah larut dalam air dan juga stabil (Prihadi & Rohmah, 2007).

Kondisi lokasi stasiun Pancer Tengah adalah terdapat Instalasi Budidaya Perikanan dan juga industri-industri perikanan lainnya. Menurut Mustofa, (2015), nilai dari nitrat ini nantinya akan semakin berkurang seiring dengan semakin jauh dari titik lokasi pembuangan (*outlet*). Hal tersebut dapat terjadi karena sifat nitrat yang mudah larut dalam air serta adanya aktivitas dari mikroorganisme yang ada pada suatu perairan tersebut. Sejalan dengan nilai kandungan fosfat tertinggi yaitu terdapat pada Outlet industri di Sungai Pancer Tengah dan yang terendah ada pada muara Sungai Pancer Tengah.

Menurut baku mutu air laut yang telah ditetapkan melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2014,

meninjau nilai Nitrat yang tertinggi adalah 13,75 mg/L maka dikategorikan sebagai tercemar.

Kandungan Fosfat tertinggi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1.6 ada pada Outlet di Industri Perikanan Sungai Pancer Tengah yaitu dengan nilai rata-ratanya adalah 7,75 mg/L. Kandungan Fosfat yang terendah ada pada Muara Sungai Wancir dengan nilai kandungan Fosfatnya adalah sebesar 6,25 mg/L.

Bentuk lain dari Fosfor yang juga diambil manfaatnya oleh tumbuhan sekitarnya serta merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan alga dan memengaruhi produktivitas suatu perairan adalah pengertian dari Fosfat (Prihadi & Rohmah, 2007). Fosfat di perairan dihasilkan dari berbagai aktivitas seperti akibat dari erosi tanah, limbah industri, limbah hewan maupun akibat dari adanya pelapukan oleh batuan (Rumanti et al., 2014).

Jika nilai fosfat tersebut dibandingkan dengan baku mutu menurut KepMen LH no 51 Tahun 2014, maka nilai kandungan fosfat pada ke empat lokasi tergolong dalam kategori tercemar.

Kandungan TSS atau *Total Suspended Solid* tertinggi ada pada Outlet Industri Perikanan di Sungai Pancer Tengah dengan nilai 8,25 mg/L dan yang terendah ada pada Outlet Sungai Wancir dengan nilainya adalah 7,25 mg/L. Jika kandungan TSS pada setiap stasiun dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh KepMen LH No

51 Tahun 2014 maka kategori pencemarannya masih tergolong tidak tercemar.

Kandungan BOD atau *Biological Oxygen Demand* tertinggi ada pada Muara Sungai Pancer Tengah dan nilainya adalah sebesar 6,49 mg/L. sedangkan nilai BOD terendah ada pada Outlet Industri Perikanan di Sungai Pancer Tengah.

Jika kandungan BOD pada setiap stasiun dibandingkan dengan nilai baku mutu yang telah ditetapkan oleh KepMen LH no 51 tahun 2014 maka nilai di keempat lokasi masih tergolong tidak tercemar.

Karakteristik yang ditunjukkan melalui jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme seperti bakteri untuk melakukan dekomposisi atau penguraian bahan organik dalam kondisi aerobik merupakan pengertian dari BOD. Selain diartikan sebagai jumlah oksigen di suatu perairan, BOD juga dapat diartikan sebagai jumlah bahan organik yang mudah diurai (Wibowo & Rachman, 2020).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

4.1.4 Analisis Sedimen

Hasil perhitungan analisis karakteristik sedimen pada keempat lokasi penelitian tertera pada Tabel 4.6, 4.7, 4.8, dan 4.9

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Sedimen Muara Sungai Wancir

	pi	Berat Loyang	Berat Loyang+ Berat Kering	Berat Kering (gr)	Jenis Fraksi	% Fraksi	% Kumulatif
Berat sampel = 500 gr	-3	407	407,16	0,16	Pebbles gravel	0	0
	-2	410	411,13	1,13	Pebbles gravel	0,2	0,3
	-1	381	387	6	Granules gravel	1,2	1,5
	0	333	346	13	very coarse sand	2,6	4,1
	1	306	396	90	Coarse sand	18,0	22
	2	281	567	286	Medium sand	57,2	79,3
	3	270	331	61	Fine sand	12,2	91,5
	4	277	317	40	Very fine sand	8,0	99,5
	pa n	246	248,71	2,71	Mud	0,5	100
TOTAL				500		100	

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Sedimen Muara Sungai Pancer Tengah

	pi	Berat Loyan g	Berat Loyang+ Berat Kering	Berat Kering (gr)	Jenis Fraksi	% Fraksi	% Kumulatif
Bera t sam pel = 500 gr	-3	407	416,00	9	Pebbles gravel	1,8	1,8
	-2	410	415,00	5	Pebbles gravel	1	2,8
	-1	381	421,00	40	Granule s gravel	8,0	10,8
	0	333	379,00	46	very coarse sand	9,2	20,0
	1	306	460,00	154	Coarse sand	30,8	50,8
	2	281	364,00	83	Mediu m sand	16,6	67,4
	3	270	420,00	150	Fine sand	30,0	97,4
	4	277	289,00	12	Very fine sand	2,4	100
	pan	246	247,00	1	Mud	0	100
	TOTAL				500,00		100

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Sedimen Outlet Sungai Pancer Tengah

	pi	Berat Loyang	Berat Loyang+ Berat Kering	Berat Kering (gr)	Jenis Fraksi	% Fraksi	% Kumulatif	
Bera t sam pel = 500 gr	-3	407	407	0	Pebbles gravel	0,0	0,0	
	-2	410	410,25	0,25	Pebbles gravel	0	0,1	
	-1	381	381,12	0,12	Granule s gravel	0,0	0	
	0	333	333,6	0,6	very coarse sand	0,1	0,2	
	1	306	327	21	Coarse sand	4,2	4,4	
	2	281	635	354	Mediu m sand	70,8	75,2	
	3	270	390	120	Fine sand	24,0	99,2	
	4	277	281	4	Very fine sand	0,8	100,0	
	pan	246	246,03	0,03	Mud	0,0	100	
	TOTAL				500		100	

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Sedimen Outlet Sungai Wancir

	pi	Berat Loyang	Berat Loyang+ Berat Kering	Berat Kering (gr)	Jenis Fraksi	% Fraksi	% Kumulatif
Berasampel = 500 gr	-3	407	411	4	Pebbles gravel	0,8	0,8
	-2	410	416	6	Pebbles gravel	1	2,0
	-1	381	393	12	Granules gravel	2,4	4
	0	333	344	11	very coarse sand	2,2	6,6
	1	306	377	71	Coarse sand	14,2	20,8
	2	281	596	315	Medium sand	63,0	83,8
	3	270	342	72	Fine sand	14,4	98,2
	4	277	285	8	Very fine sand	1,6	99,8
	pan	246	247	1	Mud	0,2	100
	TOTAL				500		100

Jenis sedimen pada Muara Sungai Wancir dominannya adalah *medium sand*. Jenis sedimen pada Muara Sungai Pancer Tengah didominasi oleh *coarse sand*. Jenis sedimen pada Outlet di Sungai Pancer Tengah didominasi oleh jenis *medium sand* dan jenis sedimen pada Outlet di Sungai Wancir adalah didominasi jenis *medium sand*.

4.2 Pola Sebaran Bahan Pencemar

Running model pola sebaran baru dapat dilakukan setelah melakukan perhitungan persen error relatif. Perhitungan persen error relatif pada penelitian

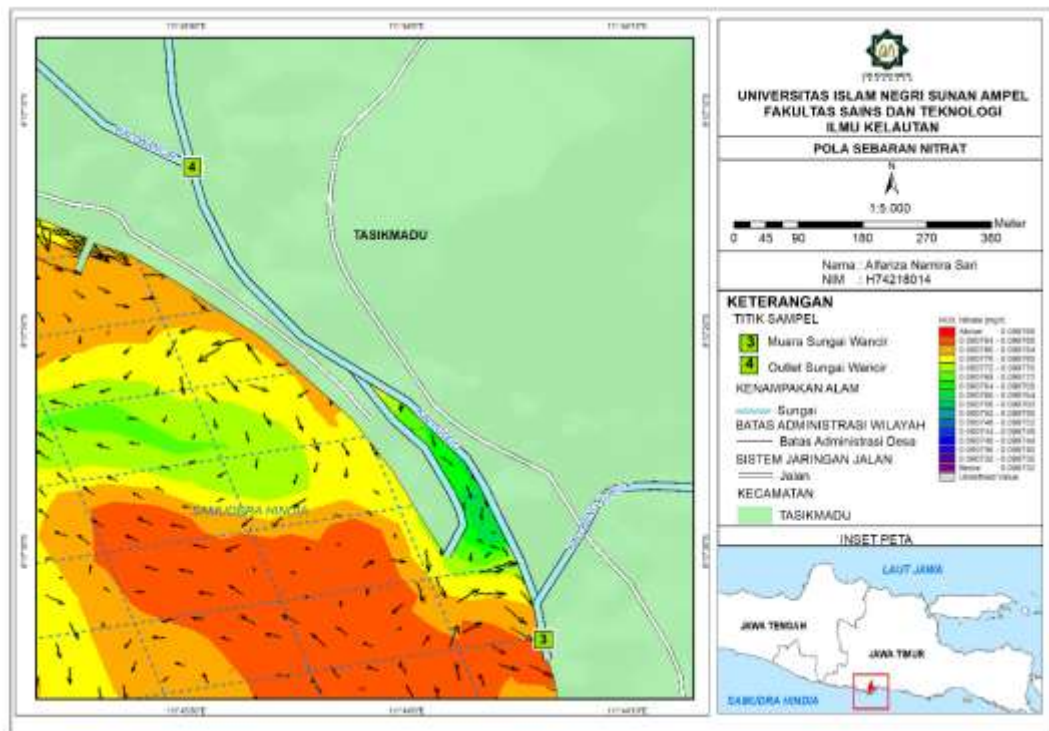
ini dilakukan terhadap data pasang surut. Validasi data pasang surut dilakukan menggunakan data pasang surut *real-time*.

Validasi data pasang surut dilakukan dengan menghitung nilai persen error relatif, caranya yaitu nilai data prediksi dijumlahkan dengan nilai data actual dan dibagi dengan nilai data actual untuk selanjutnya dikalikan dengan 100%. Perhitungan nilai persen error relatif dilakukan untuk mengetahui apakah data prediksi tersebut layak untuk digunakan atau tidak. Perhitungan nilai persen error relatif pasang surut menghasilkan angka 0,125% dimana nilai tersebut mendekati 0 dan dikategorikan sebagai layak untuk digunakan dalam penelitian (Törnqvist et al., 1985).

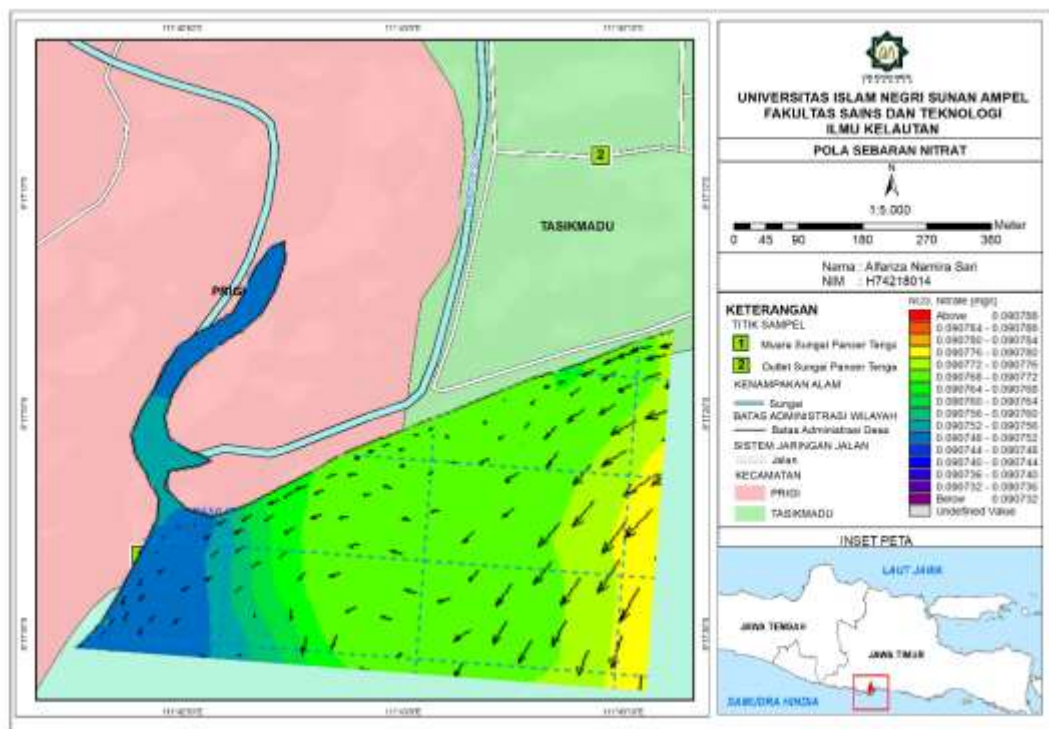
Pada Gambar 4.7 sampai 4.10, dapat terlihat pola sebaran bahan pencemar Nitrat pada 5,12, 19 dan 26 September 2021.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

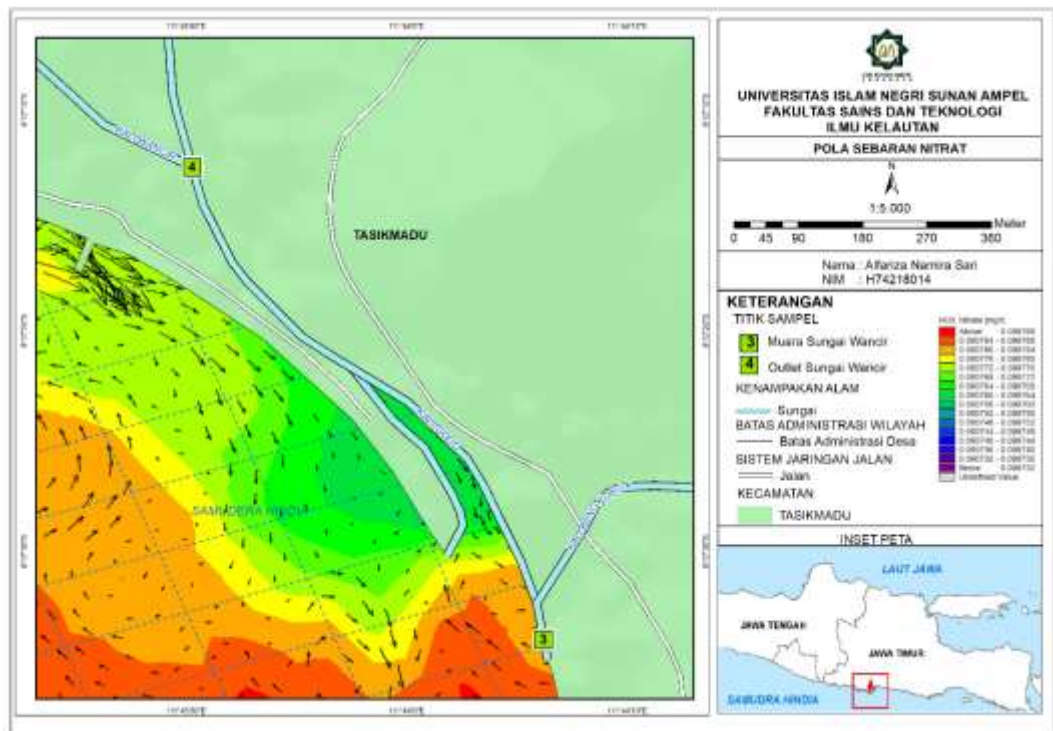


(a)

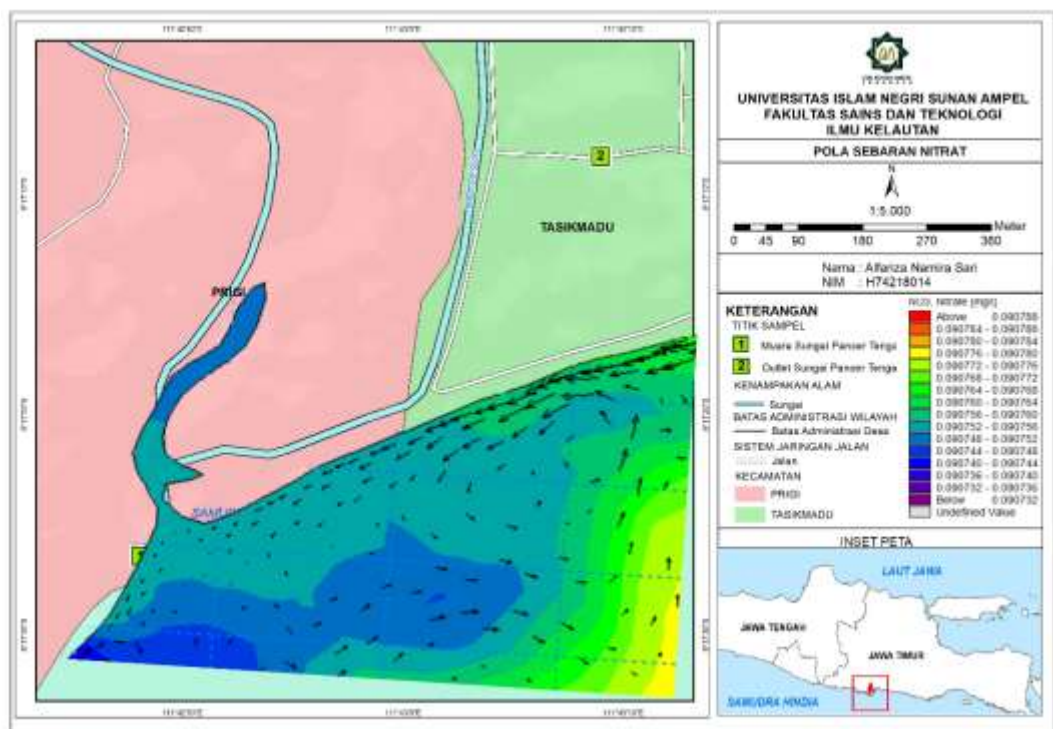


(b)

Gambar 4. 6 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

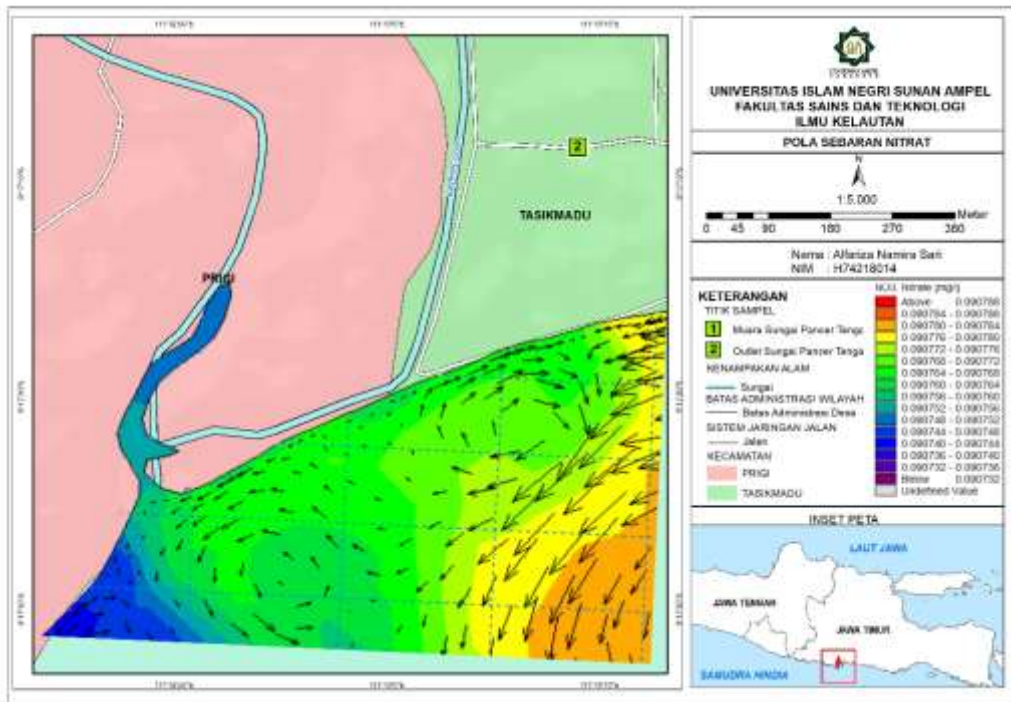
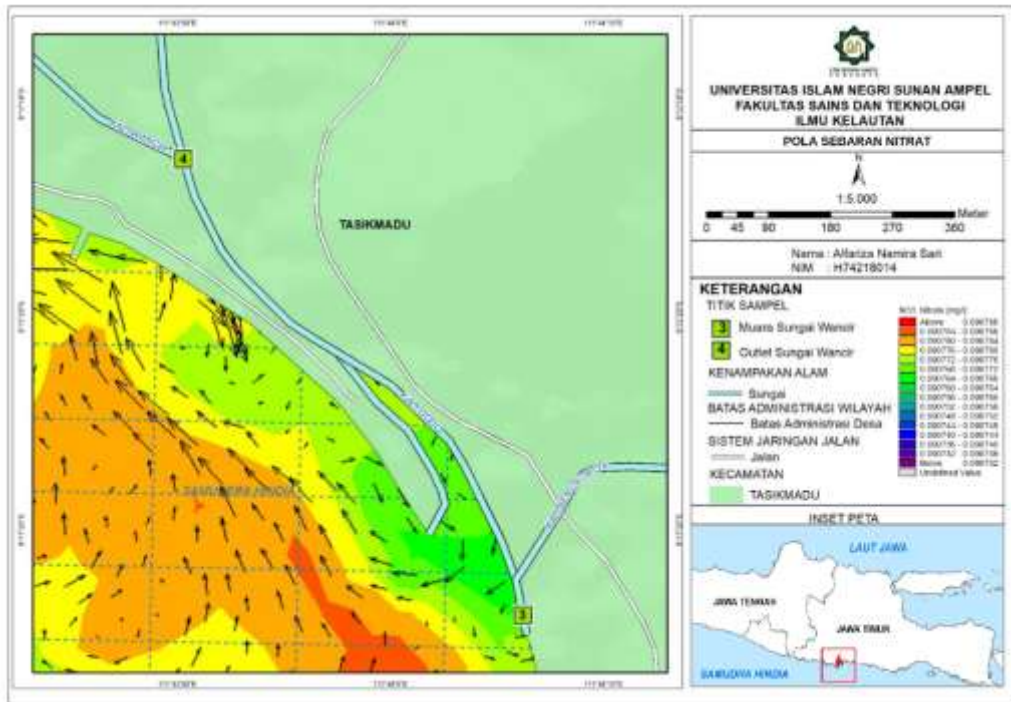


(a)

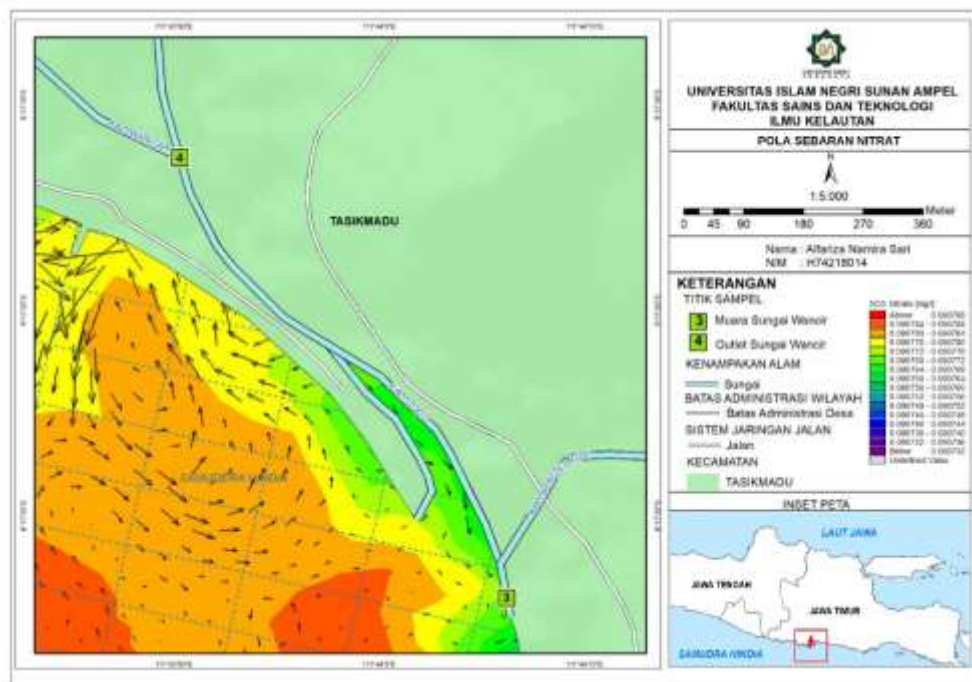


(b)

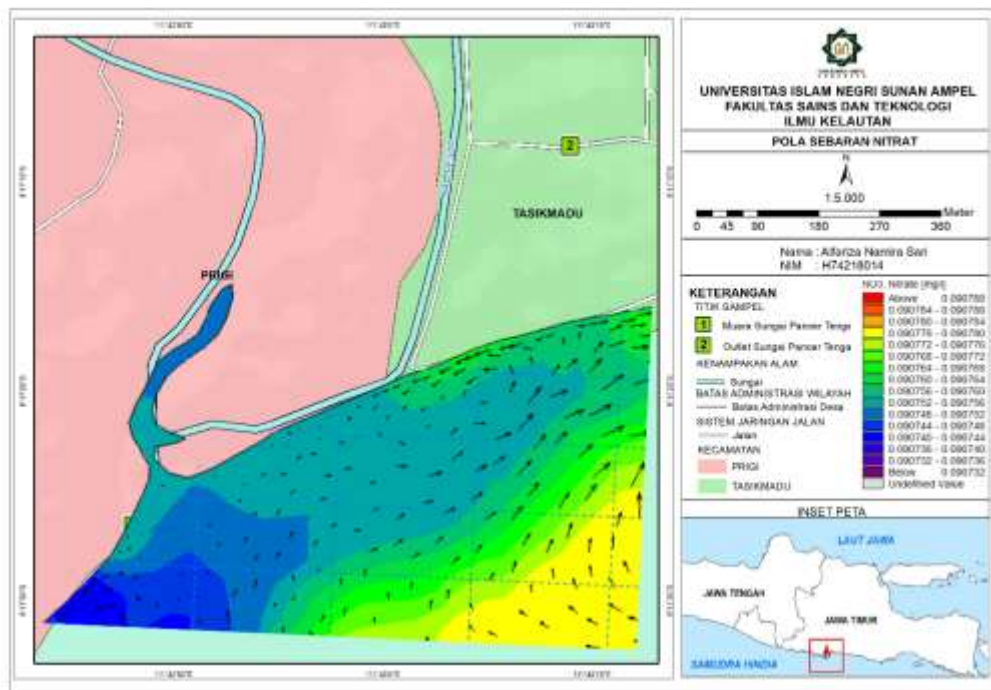
Gambar 4. 7 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir
 (b) Muara Sungai Pancer Tengah



Gambar 4. 8 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 19 September 2021



(a)



(b)

Gambar 4. 9 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

Pada bulan September, persebaran bahan pencemar Nitrat terlihat dimulai pada kedua muara. Nilai nitrat jika mengacu pada baku mutu air laut

untuk biota laut yang telah ditetapkan oleh KepMen LH No 51 tahun 2014 terbilang tinggi. Baku mutu untuk Nitrat nilai maksimalnya yaitu 0,015 mg/L dan pada hasil pengambilan data serta pada hasil pemodelan nilainya berkisar antara 0,095 – 0,096 mg/L. Pada wilayah sekitar muara, nilai Nitrat cenderung tinggi jika dibandingkan dengan perairan lepas. Tingginya nilai Nitrat ditandai dengan warna hijau hingga oranye.

Nilai Nitrat yang tinggi berada di sekitar Muara Sungai Wancir. Hal tersebut dikarenakan Muara Sungai Wancir terletak sangat dekat dan berhubungan secara langsung dengan PPN Prigi, dimana pada PPN Prigi terjadi berbagai proses dan aktivitas yang melibatkan limbah ikan yang mengandung bahan organik seperti Nitrat dan Fosfat. Sedangkan pada Muara Sungai Pancer Tengah, lokasinya cenderung lebih jauh dari tempat industri perikanan.

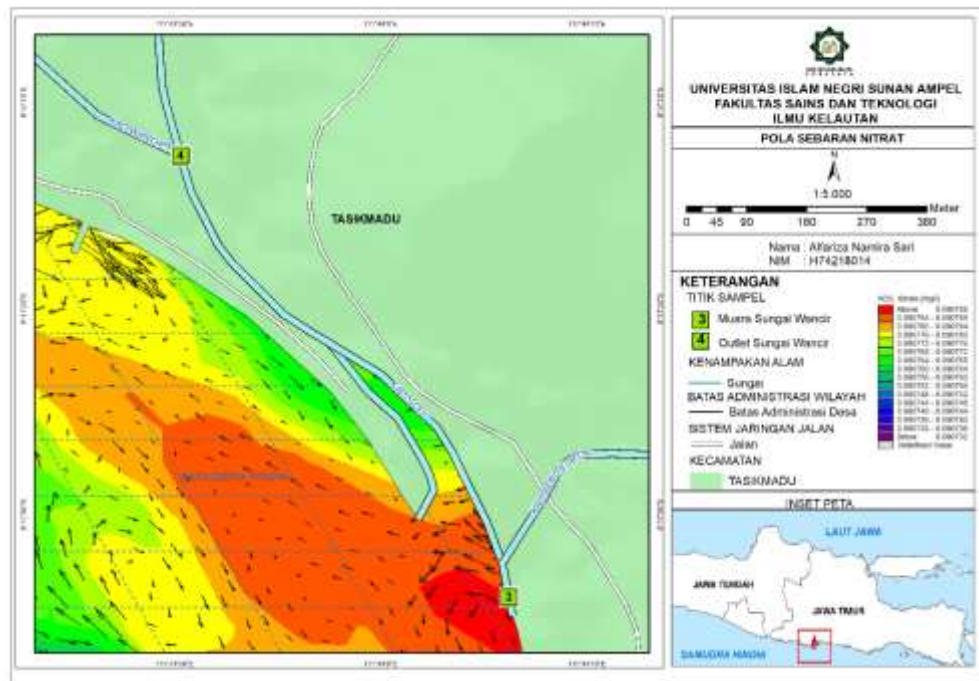
Arus yang dihasilkan dari pergerakan angin dan juga pasang surut terlihat membentuk pola membundar dan membawa kandungan Nitrat secara berputar. Menurut Jubaedah et al., (2021), arus memiliki pengaruh terhadap pola distribusi bahan organik dan nutrisi pada wilayah perairan.

Tinggi rendahnya sebaran nilai Nitrat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, seperti salah satunya adalah Batimetri atau kedalaman. Wilayah pesisir dan muara cenderung memiliki kedalaman yang dangkal sehingga kandungan Nitrat akan jauh lebih tinggi. Konsentrasi Nitrat akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai salinitas atau yang berarti nilai Nitrat akan

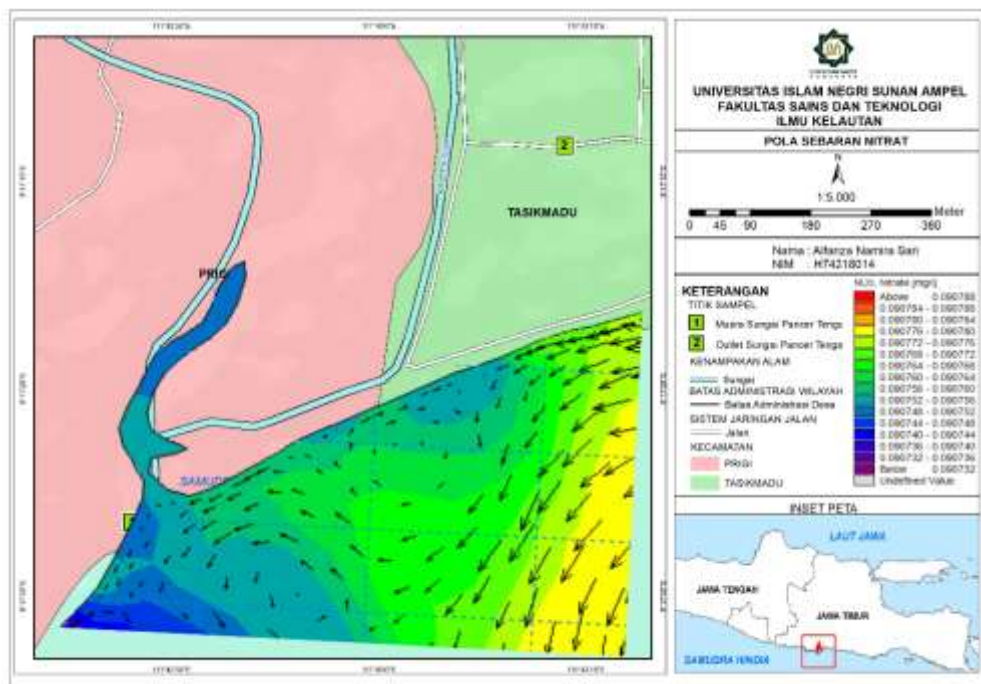
semakin rendah di wilayah perairan lepas dengan kedalaman yang semakin dalam (Oktaviani et al., 2015).

Selanjutnya, pada Gambar 4. 11 hingga Gambar 4. 14 merupakan peta pola persebaran Nitrat pada bulan oktober 2021.



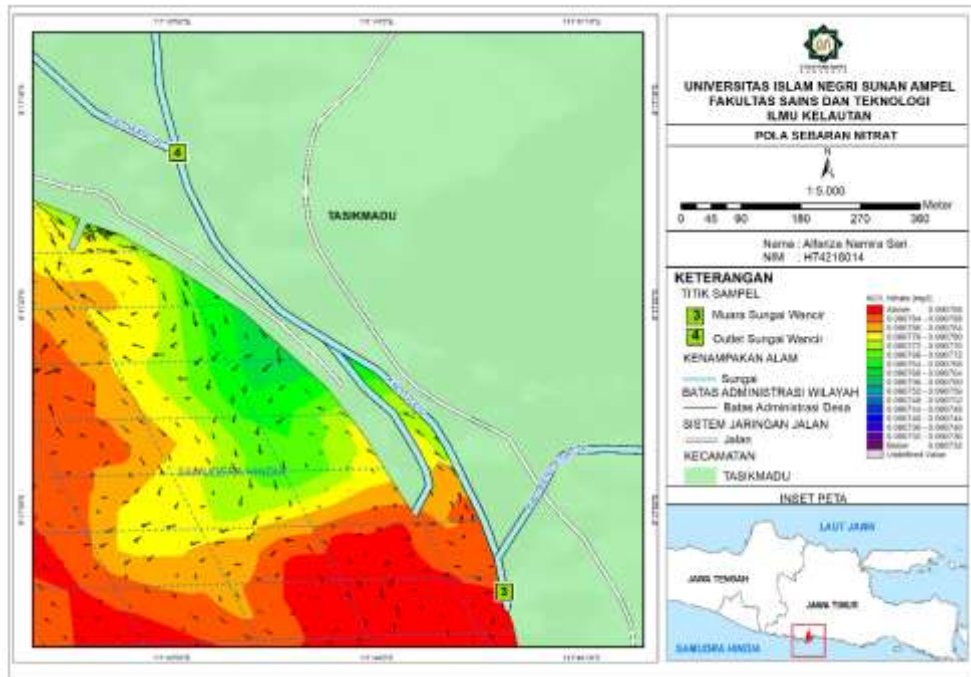


(a)

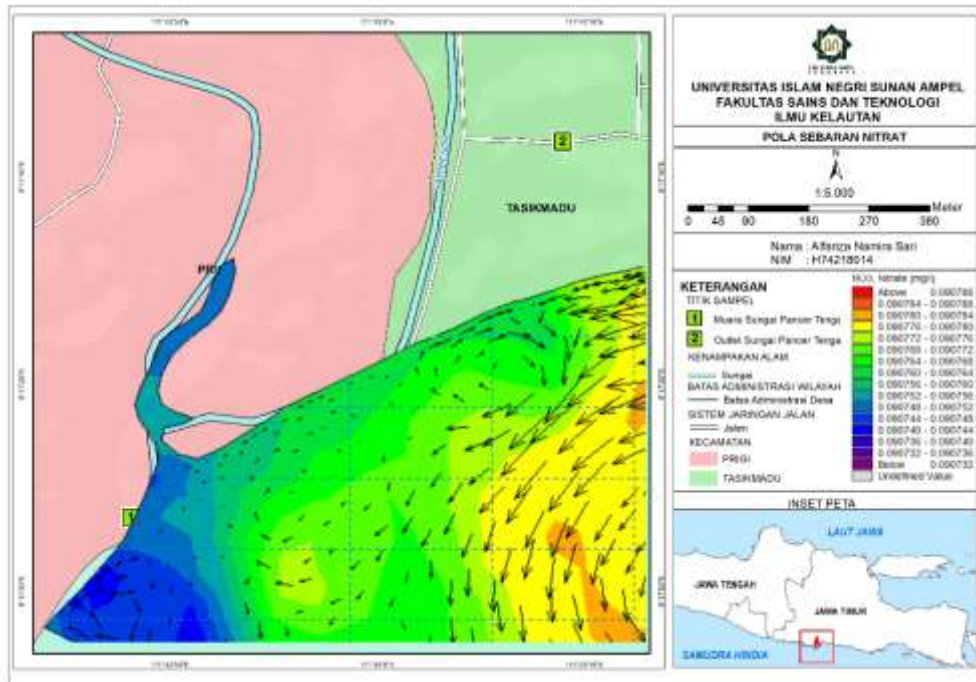


(b)

Gambar 4. 10 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

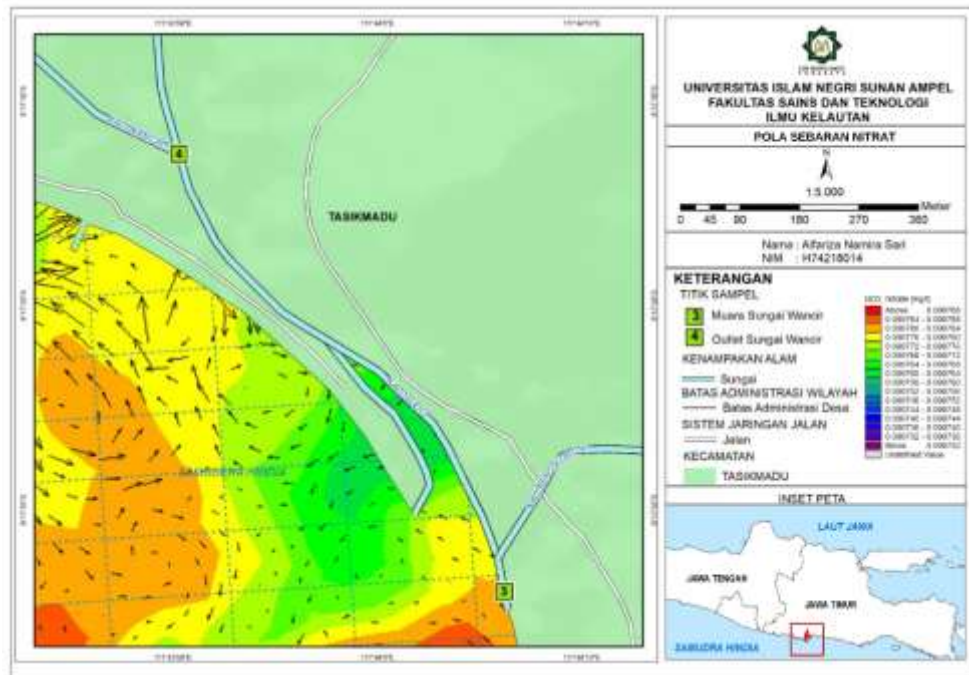


(a)

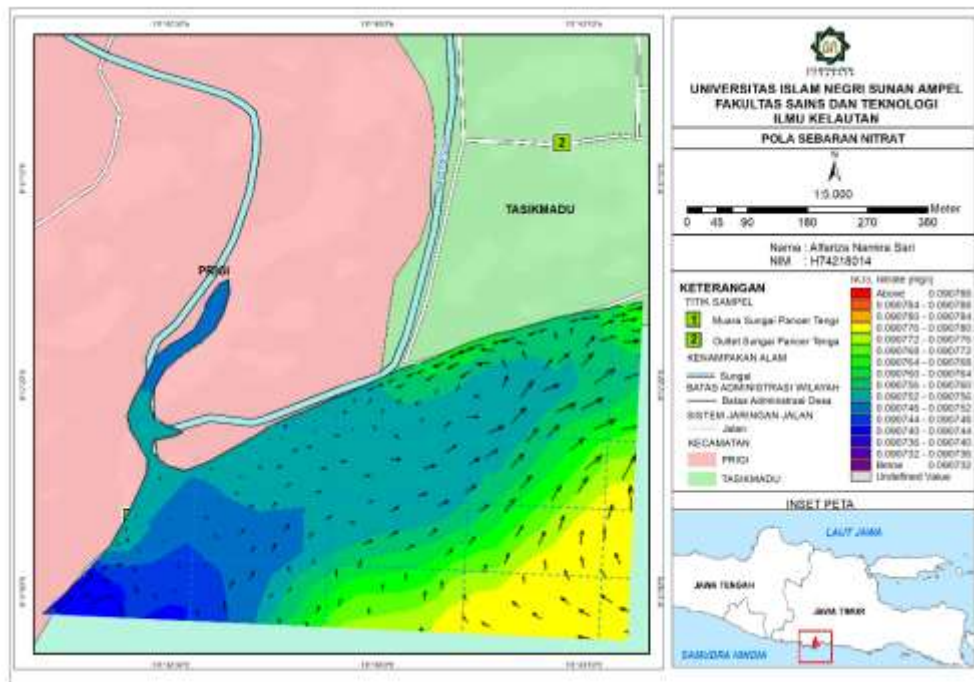


(b)

Gambar 4. 11 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wanci (b) Muara Sungai Pancer Tengah

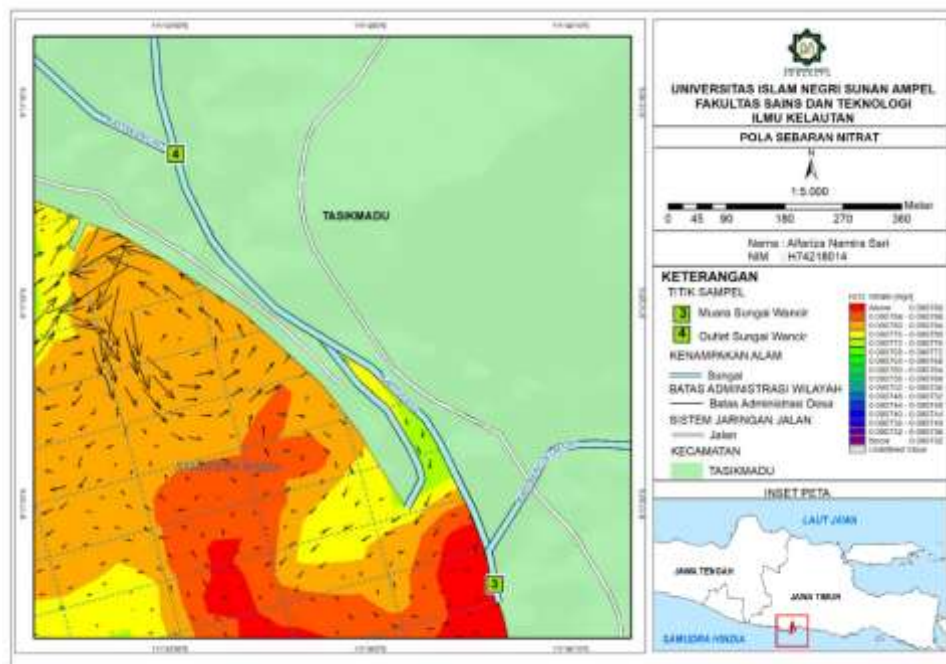


(a)

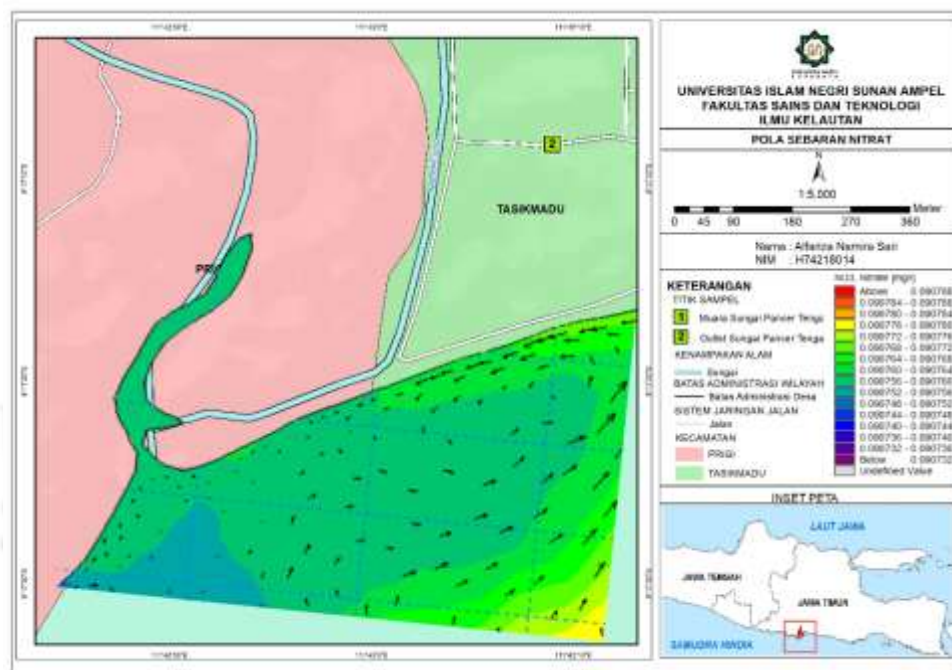


(b)

Gambar 4. 12 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



(b)

Gambar 4. 13 Pola Persebaran Nitrat Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

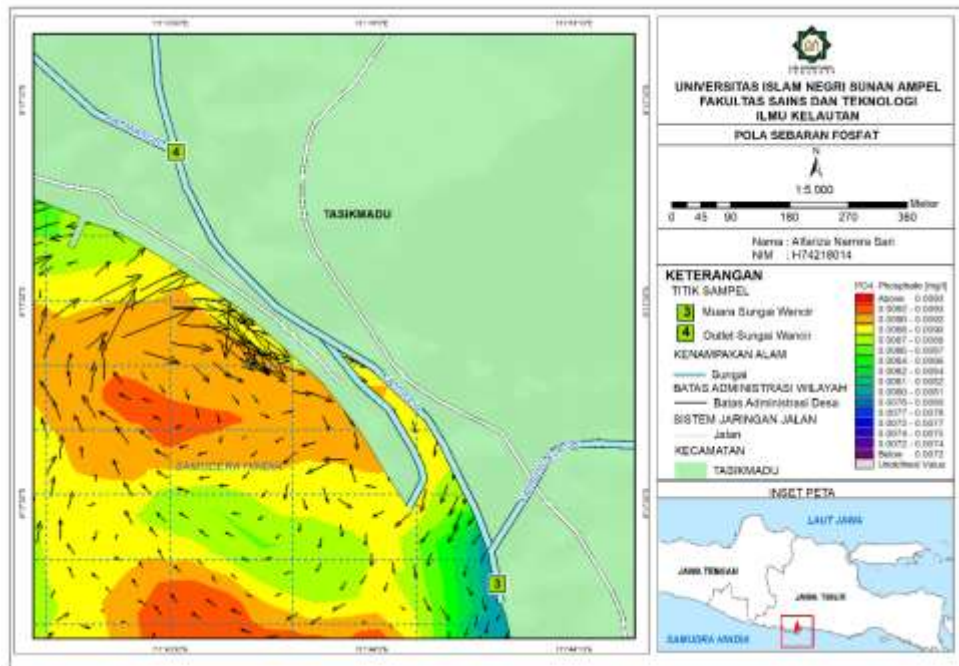
Pola persebaran bahan pencemar Nitrat pada bulan Oktober kurang lebih adalah sama dengan pola persebaran Nitrat pada bulan September. Hal

ini adalah karena selama pengambilan sampel Nitrat, nilai yang dihasilkan adalah sama yaitu berkisar di antara 0,095 mg/L hingga 0,096 mg/L, serta pola angin dan pasang surut yang tidak berbeda jauh. Nilai Nitrat yang tinggi juga terletak pada kawasan sekitar muara yang ditandai dengan warna hijau hingga oranye pada hasil peta.

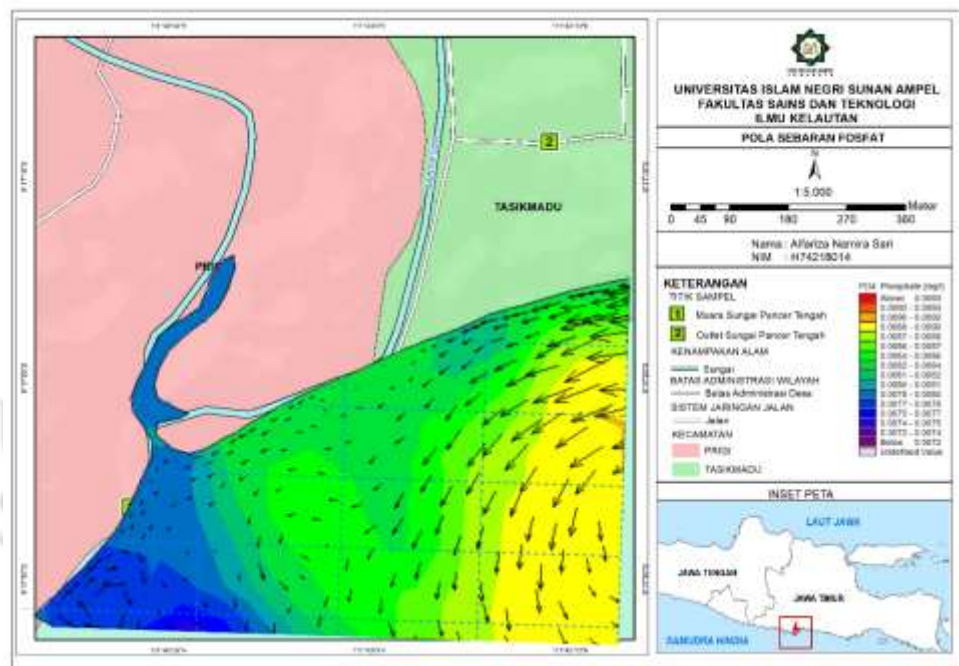
Menurut Hanifah et al., (2018), semakin jauh dan semakin dalam suatu perairan, maka akan membuat nilai Nitrat semakin rendah konsentrasinya. Hal ini seiring dengan meningkatnya salinitas pada perairan maka nilai kandungan Nitrat akan semakin menurun. Peran arus adalah membawa dan mengaduk Nitrat yang berada pada air di perairan dalam dan sedimen ke permukaan perairan.

Selanjutnya, pada Gambar 4.14 hingga 4.17 ini merupakan hasil *running* model pola persebaran untuk bahan pencemar Fosfat yang menyesuaikan dengan tanggal pengambilan sampel bahan pencemarnya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

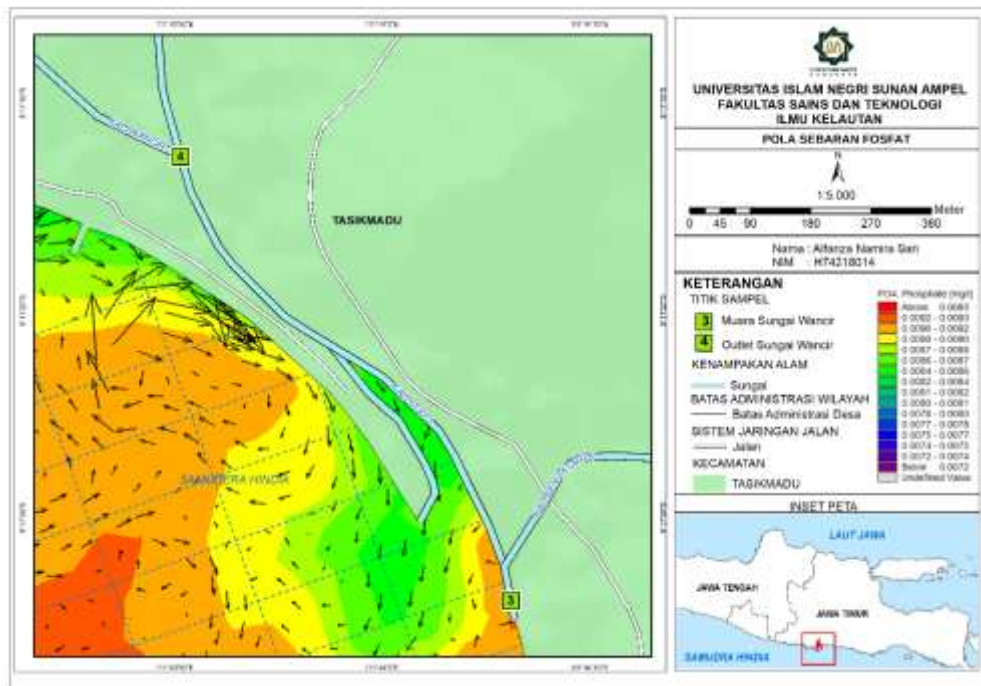


(a)

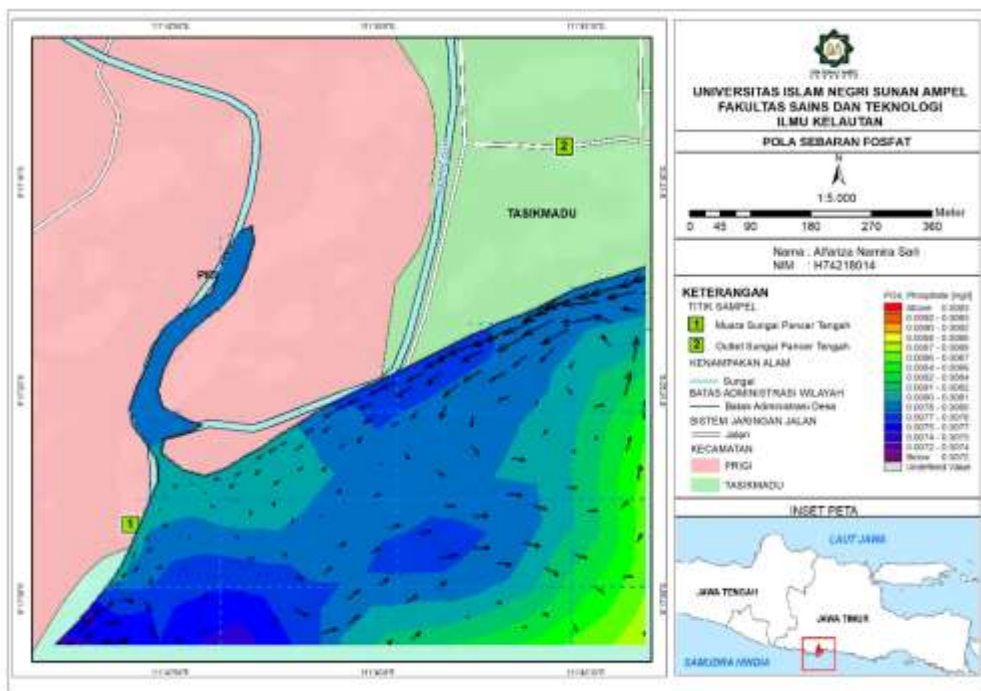


(b)

Gambar 4. 14 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir
(b) Muara Sungai Pancor Tengah

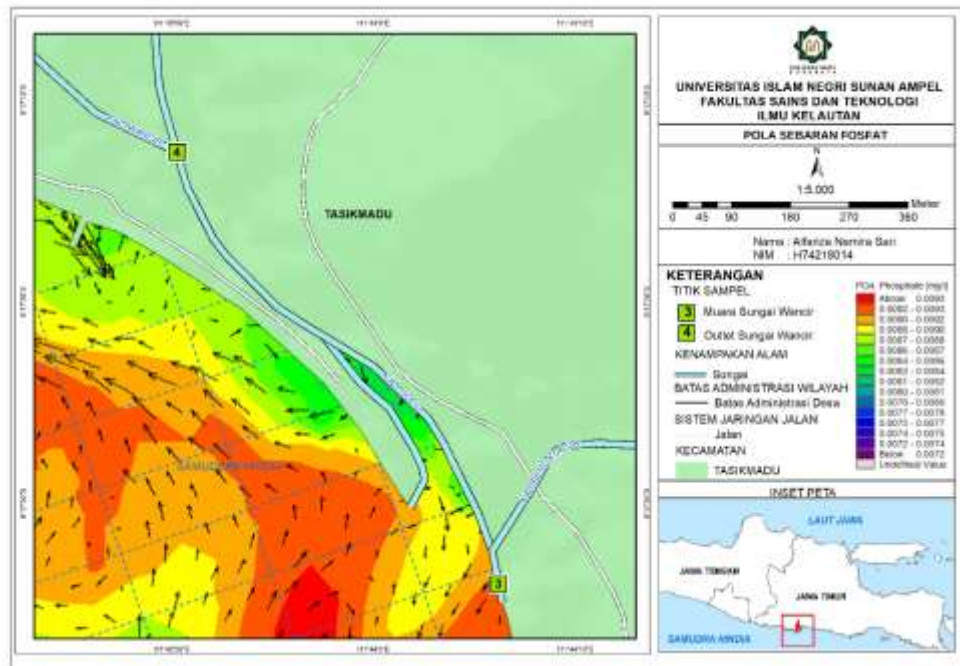


(a)

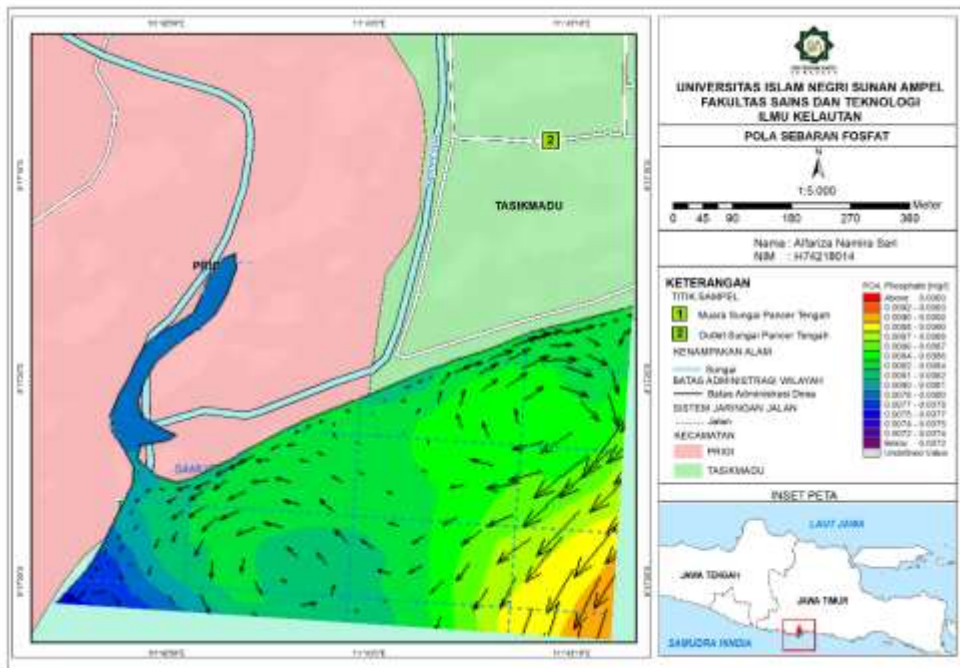


(b)

Gambar 4. 15 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

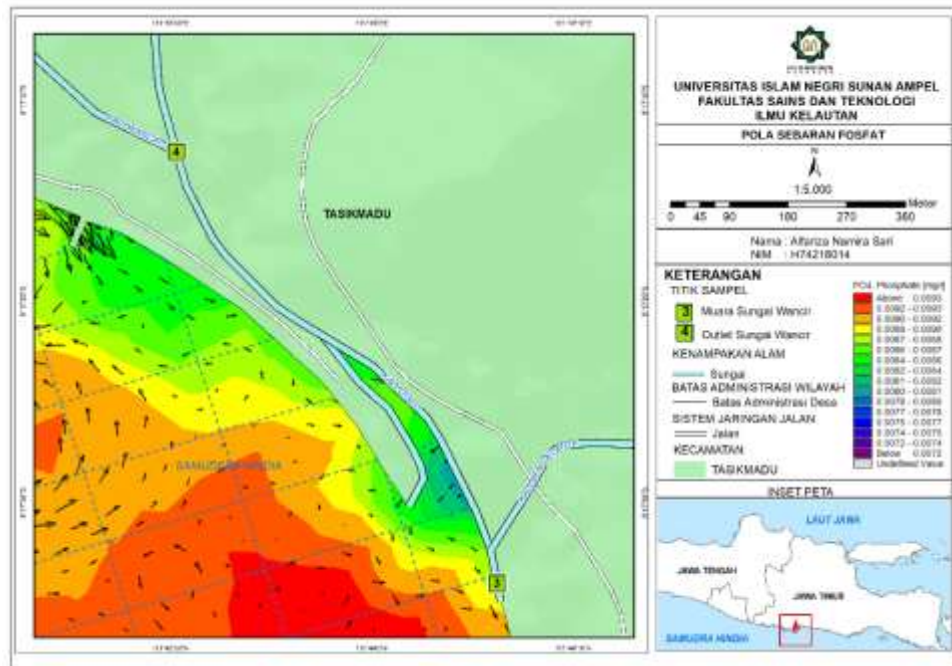


(a)

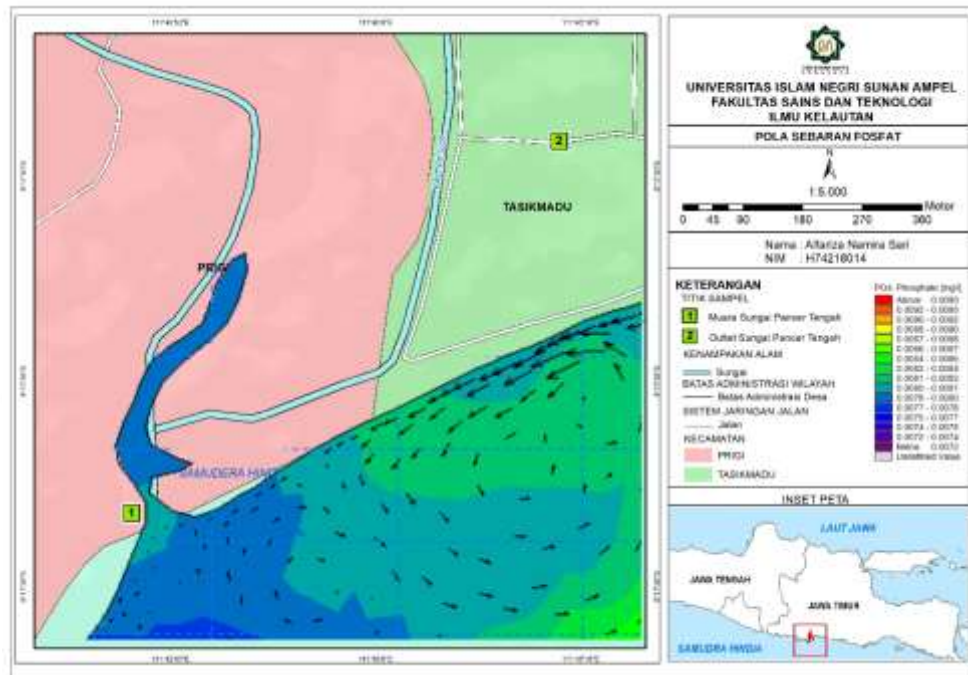


(b)

Gambar 4. 16 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir
 (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



(b)

Gambar 4. 17 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir
 (b) Muara Sungai Pancer Tengah

Kandungan nilai Fosfat pada peta hasil model sebaran tergolong tinggi.

Hal ini merujuk pada baku mutu yang telah ditetapkan oleh KepMen LH No.

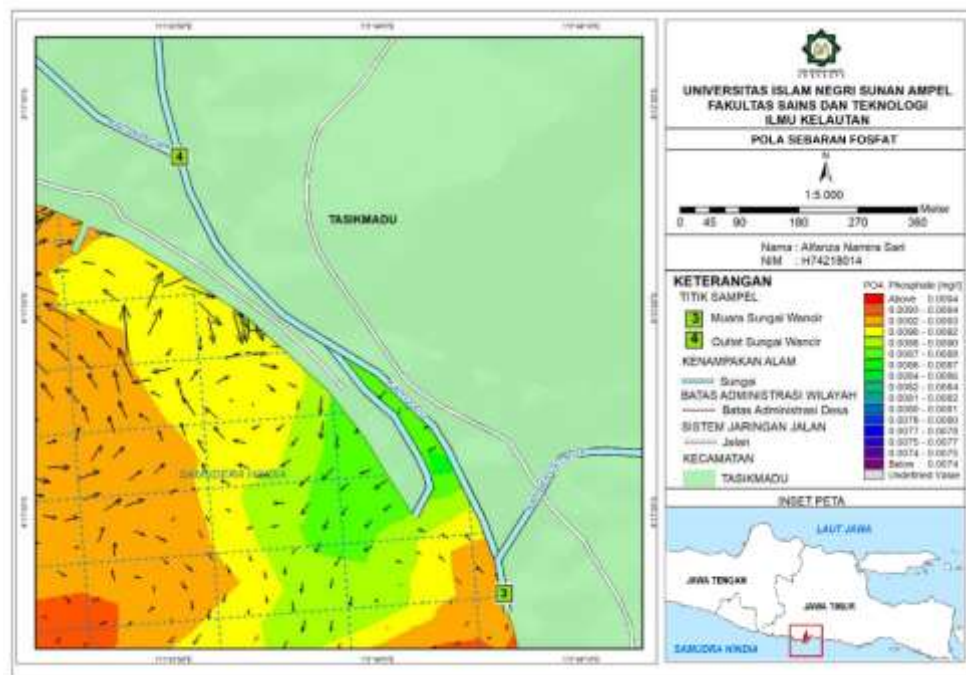
51 tahun 2014 untuk nilai maksimal fosfat pada perairan laut yaitu 0,008 mg/L, sedangkan pada hasil yaitu berkisar antara 0,008 mg/L hingga 0,0096 mg/L. Persebarannya mengikuti arah angin dan pasang surut yang bermula dari muara dan ke arah laut lepas.

Kandungan nilai Fosfat yang tinggi ditandai dengan warna hijau hingga oranye dan berada pada sekitar Muara Sungai Wancir. Hal ini dapat terjadi dikarenakan Muara Sungai Wancir terhubung langsung dengan PPN Prigi, dimana pada PPN Prigi terjadi berbagai aktivitas yang berhubungan dengan ikan beserta dengan limbahnya, seperti TPI.

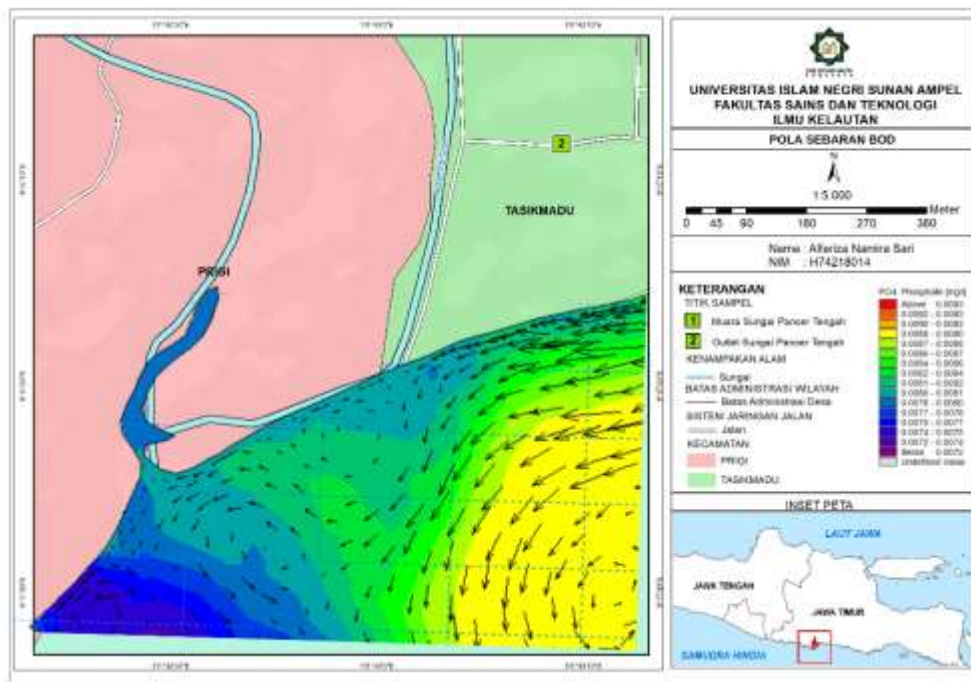
Kandungan Fosfat akan menurun seiring dengan semakin jauhnya dari muara (Hanifah et al., 2018). Tingginya nilai Fosfat di sekitar muara juga dapat terjadi karena adanya masukan dari berbagai sumber Fosfat yang berasal dari daratan dan terbawa hingga ke muara (Arbianti et al., 2017).

Pola yang tidak jauh berbeda juga ditunjukkan pada hasil pengolahan model di bulan Oktober.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

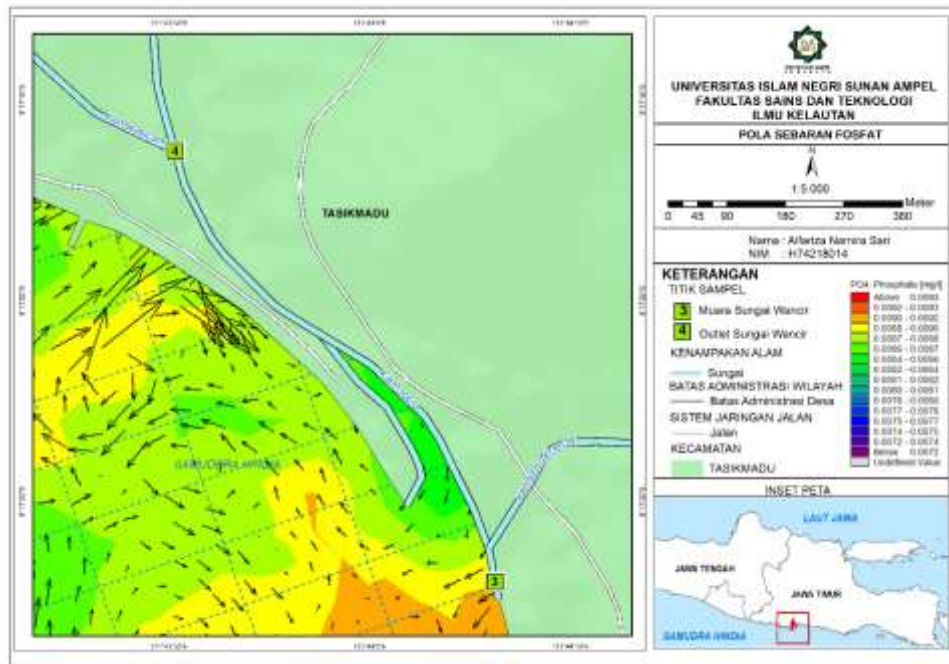


(a)

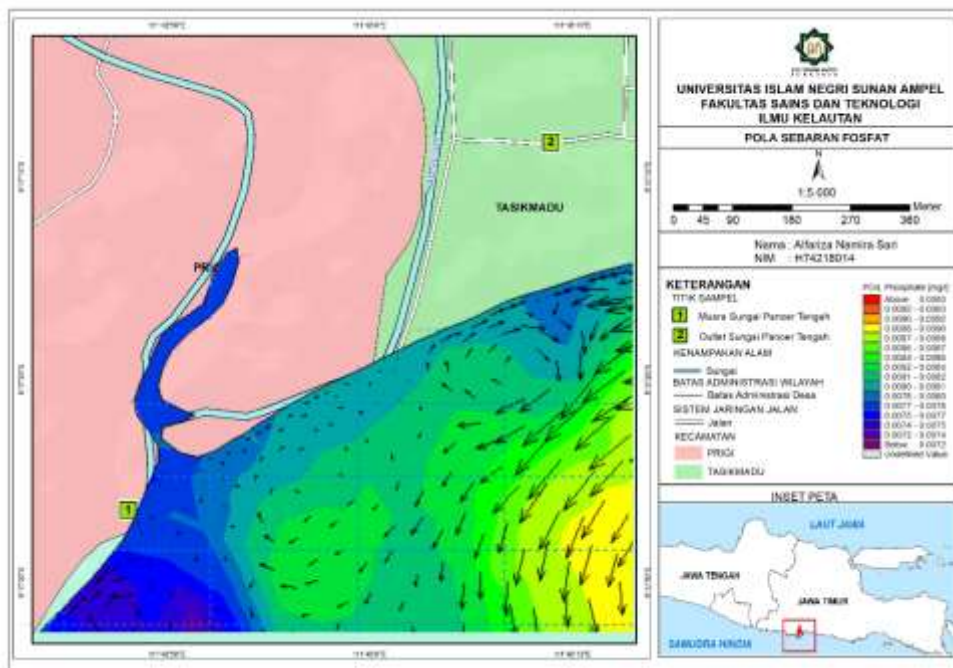


(b)

Gambar 4. 18 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

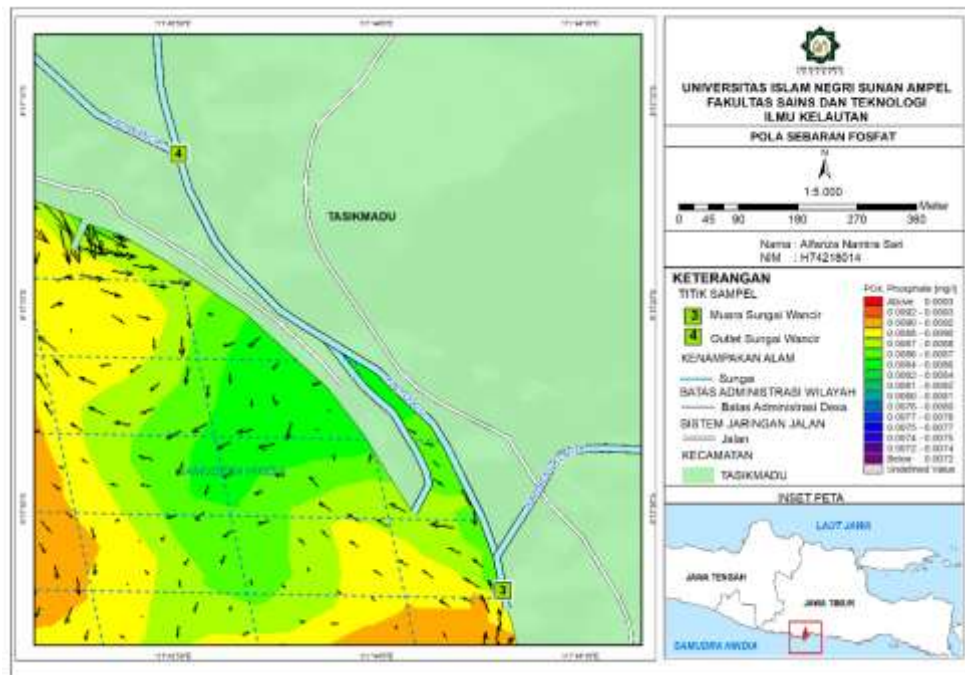


(a)

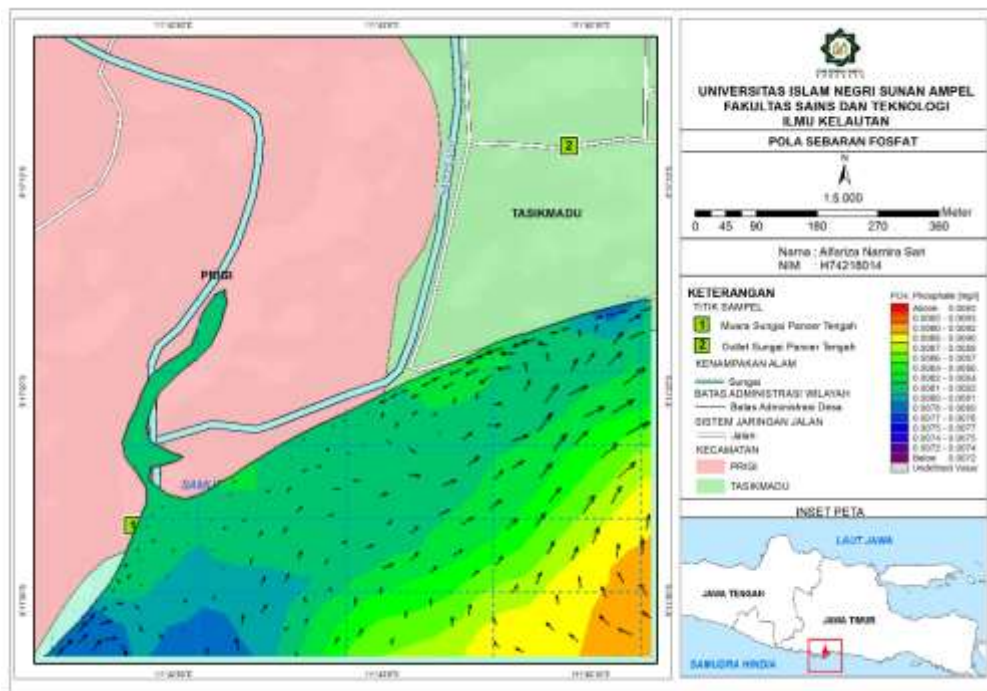


(b)

Gambar 4. 19 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

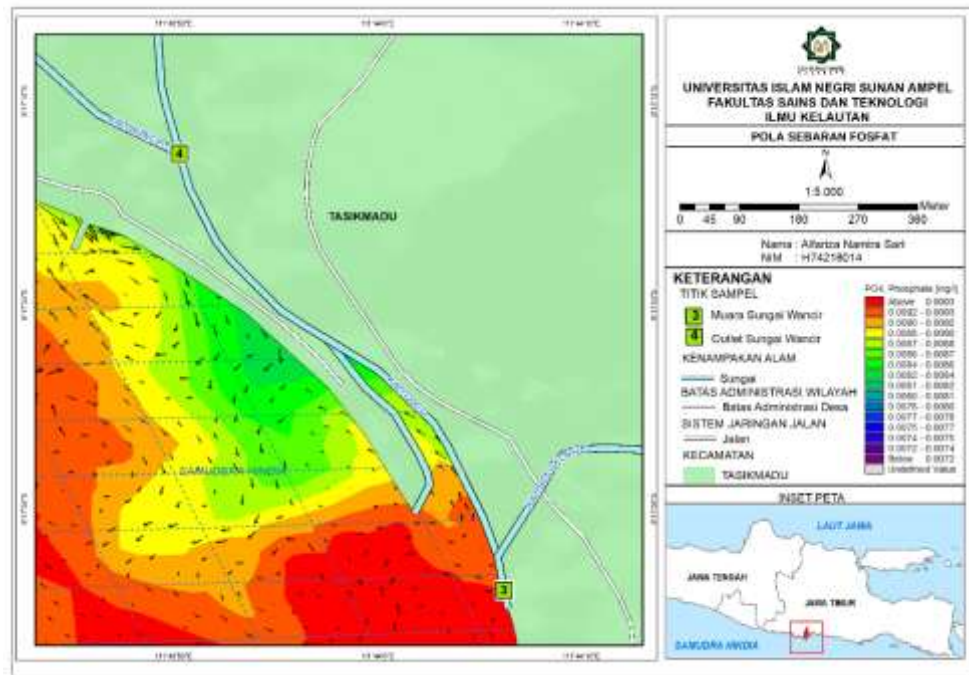


(a)

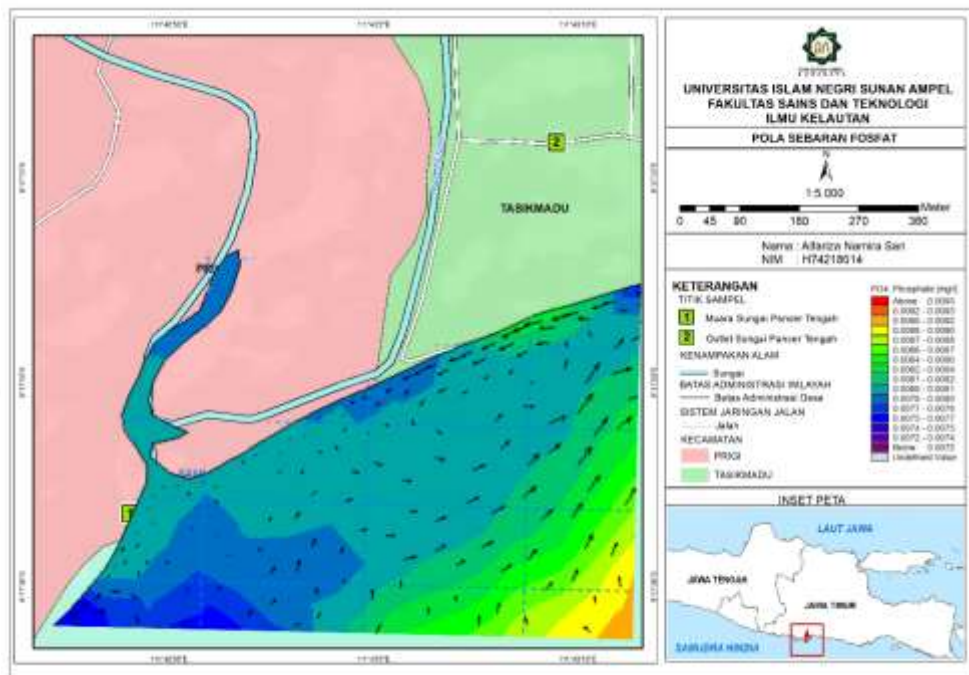


(b)

Gambar 4. 20 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



(b)

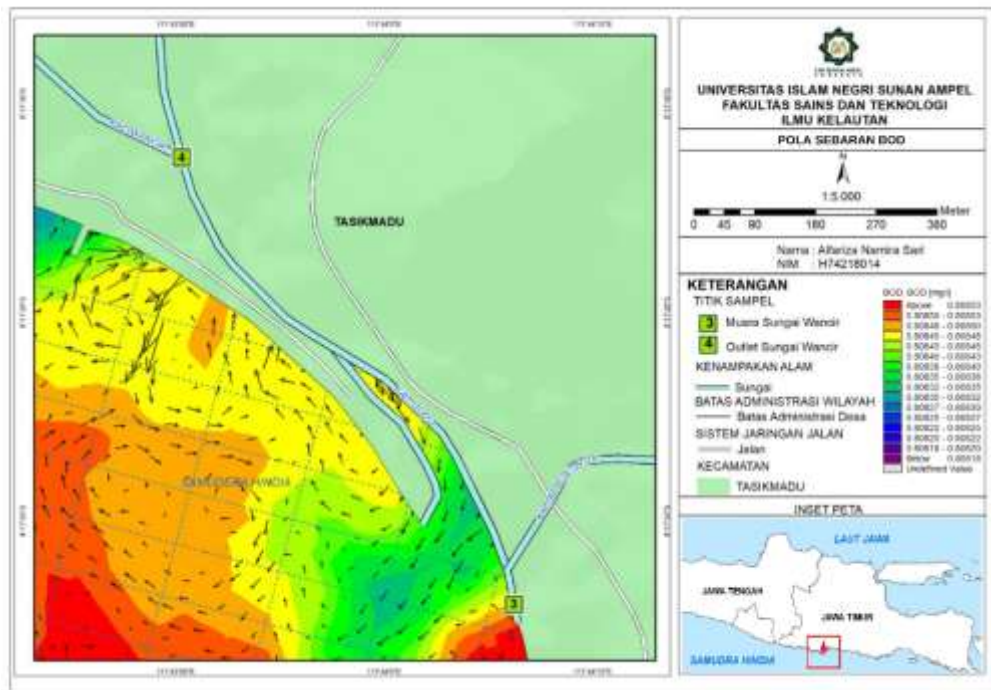
Gambar 4. 21 Pola Persebaran Fosfat Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

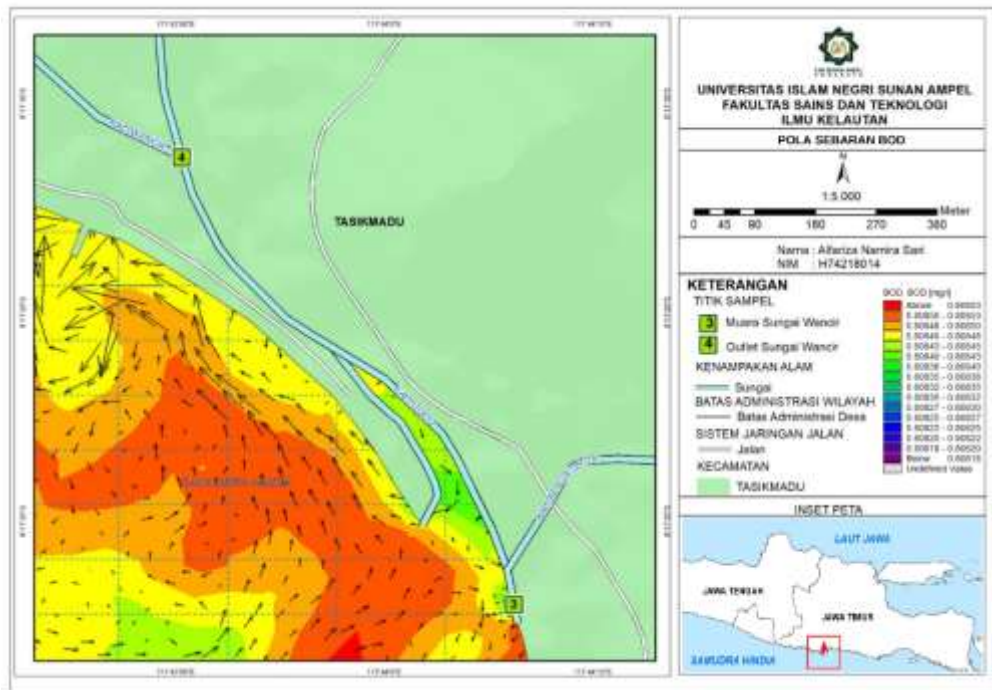
Pada peta hasil pemodelan pola persebaran Fosfat selama bulan Oktober yang ditunjukkan pada Gambar 4.22 hingga 4.26, nilai Fosfat

berkisar pada angka 0,0066 mg/L hingga 0,0096 mg/L. Konsentrasi Fosfat yang tinggi juga berlokasi kurang lebih sama dengan pola pada Bulan September, yaitu dekat dengan Muara Sungai Wancir dan ditandai dengan warna hijau hingga oranye.

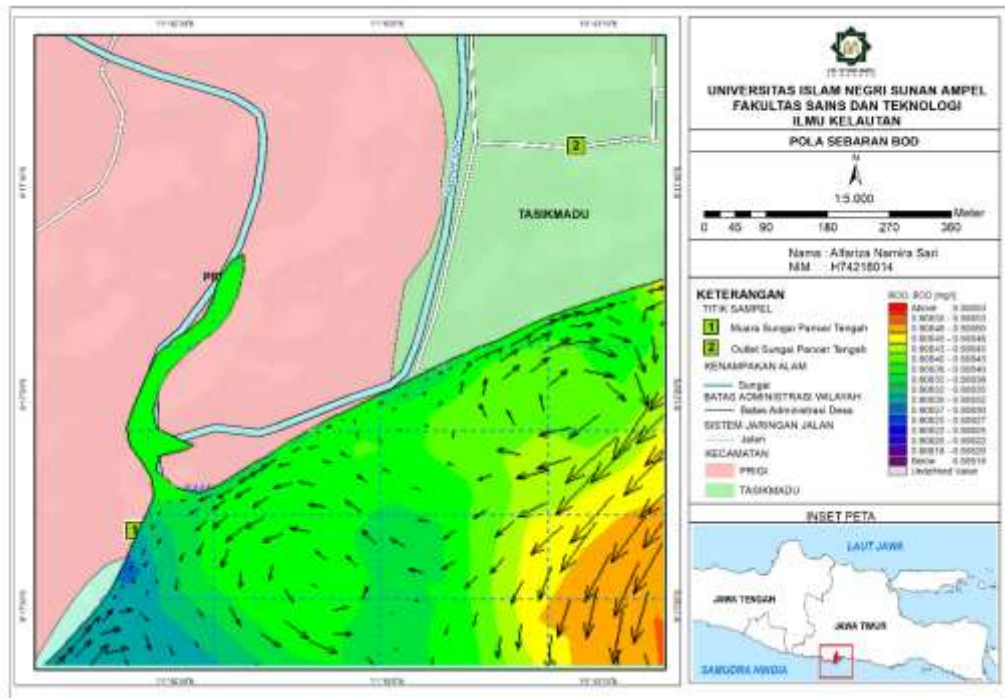
Arus membawa kandungan Fosfat dari muara hingga ke perairan lepas. Banyak atau sedikitnya kandungan Fosfat yang terbawa arus bergantung dengan banyak atau tidaknya pasokan Fosfat yang masuk ke perairan. Semakin banyak pasokan Fosfat yang dibawa oleh arus, maka semakin tinggi kandungan Fosfat di suatu perairan. Selain hal tersebut, adanya proses pengadukan pada dasar perairan serta proses sirkulasi juga menentukan tinggi rendahnya konsentrasi Fosfat di suatu perairan. Wilayah muara atau pesisir cenderung memiliki nilai kadar Fosfat yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan wilayah muara atau pesisir mendapatkan pasokan unsur hara yang lebih tinggi dari daratan maupun endapan yang terjadi akibat hujan serta dari aktivitas manusia di sekitar wilayah tersebut (Woelansari et al., 2017).

Selanjutnya, pada Gambar 4. 27 hingga 4.30 menyajikan pola persebaran dari bahan pencemar BOD atau *Biological Oxygen Demand* selama bulan September. Pengolahan data pola persebaran juga dilakukan menyesuaikan dengan tanggal pengambilan sampel atau data primer (data lapangan).



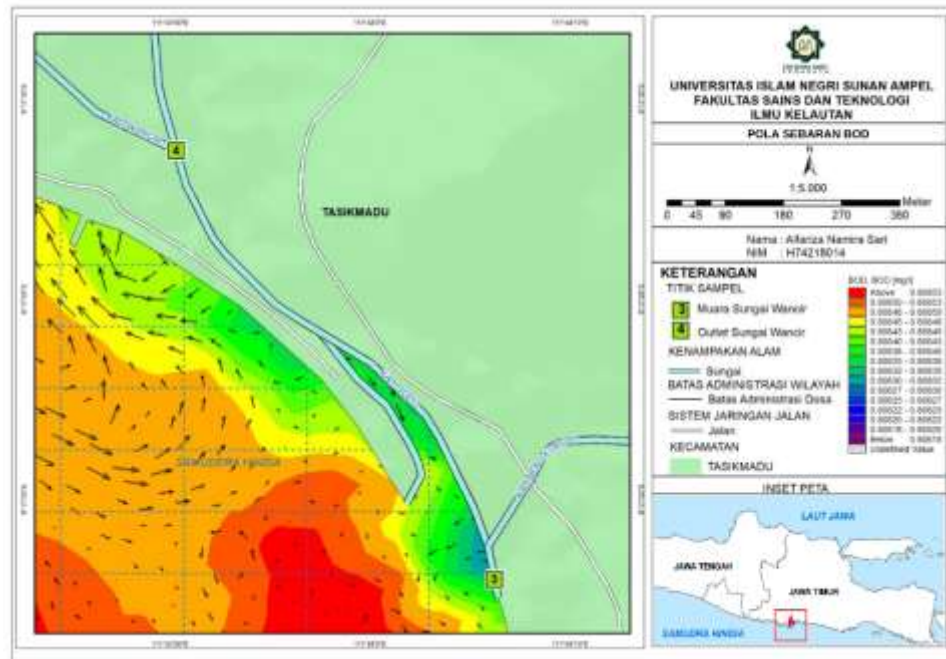


(a)

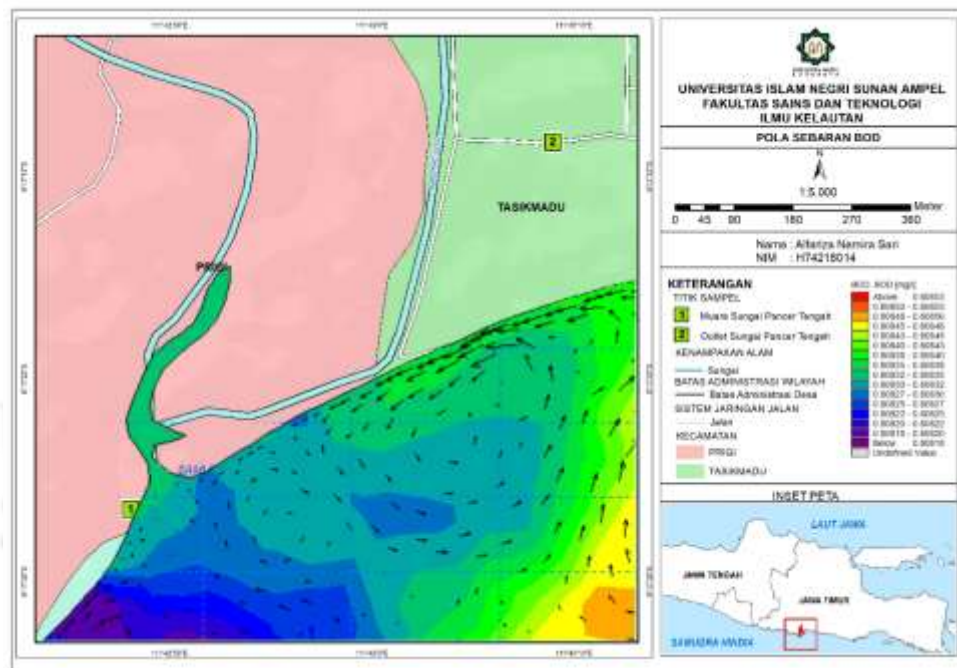


(b)

Gambar 4. 24 Pola Persebaran BOD Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancar Tengah



(a)



(b)

Gambar 4. 25 Pola Persebaran BOD Tanggal 26 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

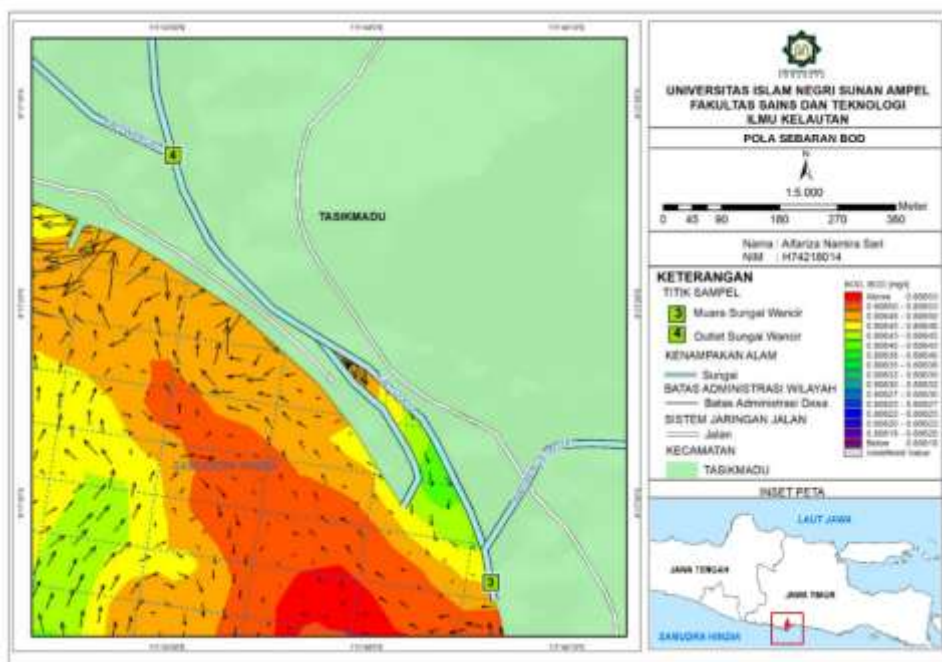
Hasil pola persebaran kandungan BOD bulan September pada gambar di atas menunjukkan nilai yang tidak terlalu tinggi, yaitu mulai dari 0,914

mg/L hingga 0,0915 mg/L dan masih dalam batas aman jika merujuk pada baku mutu untuk air laut untuk biota laut yang telah ditetapkan. Nilai BOD yang tinggi berada di sekitar Muara Sungai Wancir dengan ditandai warna hijau hingga oranye. Pola angin dan pasang surut terlihat membawa bahan pencemar BOD dari muara ke laut lepas.

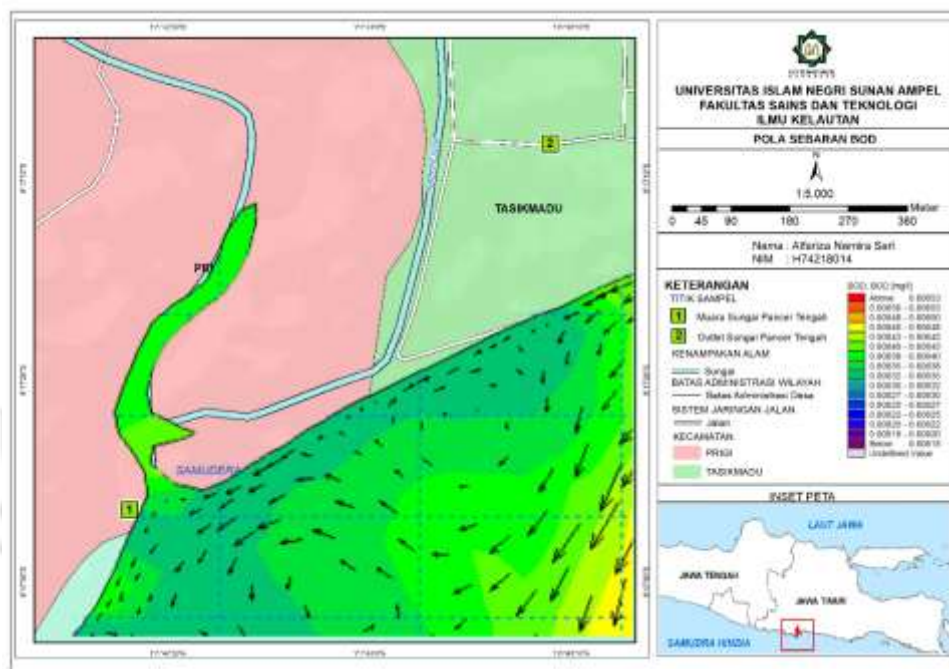
Tinggi rendahnya nilai BOD menginterpretasikan bahwa dalam suatu perairan tersebut terdapat kandungan bahan pencemar yang juga tinggi ataupun rendah (Jubaedah et al., 2021). Pada wilayah sekitar Muara Sungai Wancir, jika ditinjau dari pola sebaran BOD maka terlihat nilainya rendah. Rendahnya nilai BOD memiliki arti bahwa jumlah bahan pencemar yang masuk pada perairan Kecamatan Watulimo ini juga cenderung rendah.

Pola sebaran BOD hasil pemodelan menggunakan MIKE21 EcoLab pada Bulan Oktober 2021 ditunjukkan pada Gambar 4.31 hingga Gambar 4.34.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

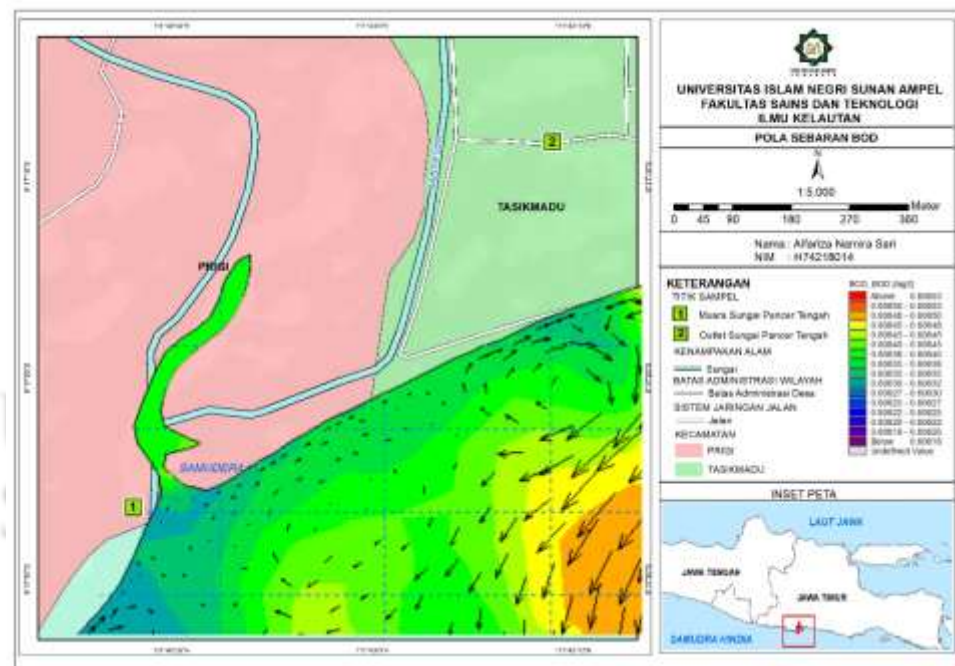
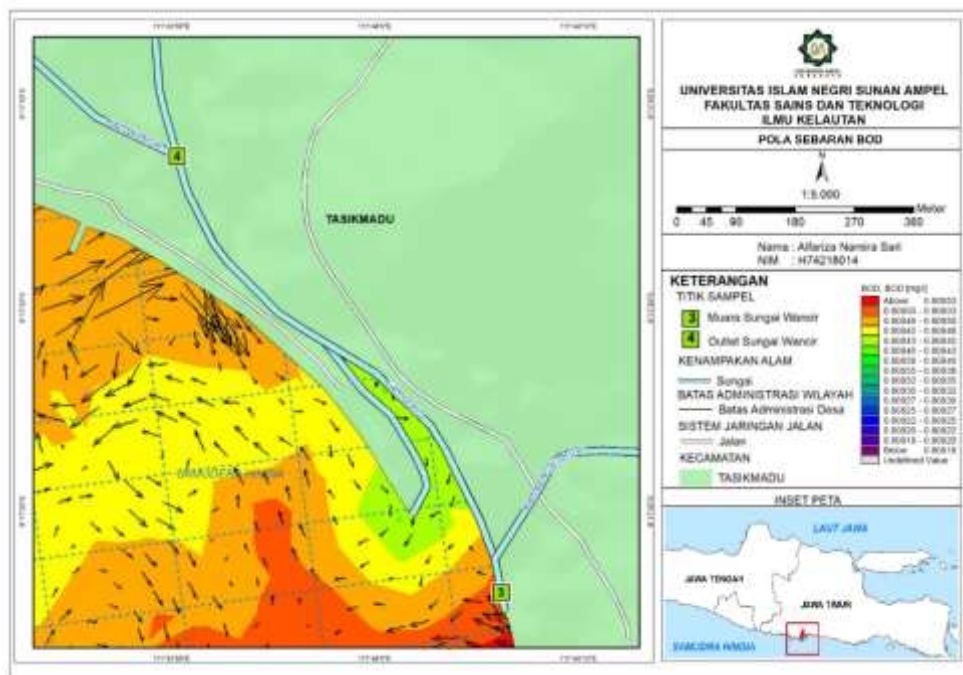


(a)

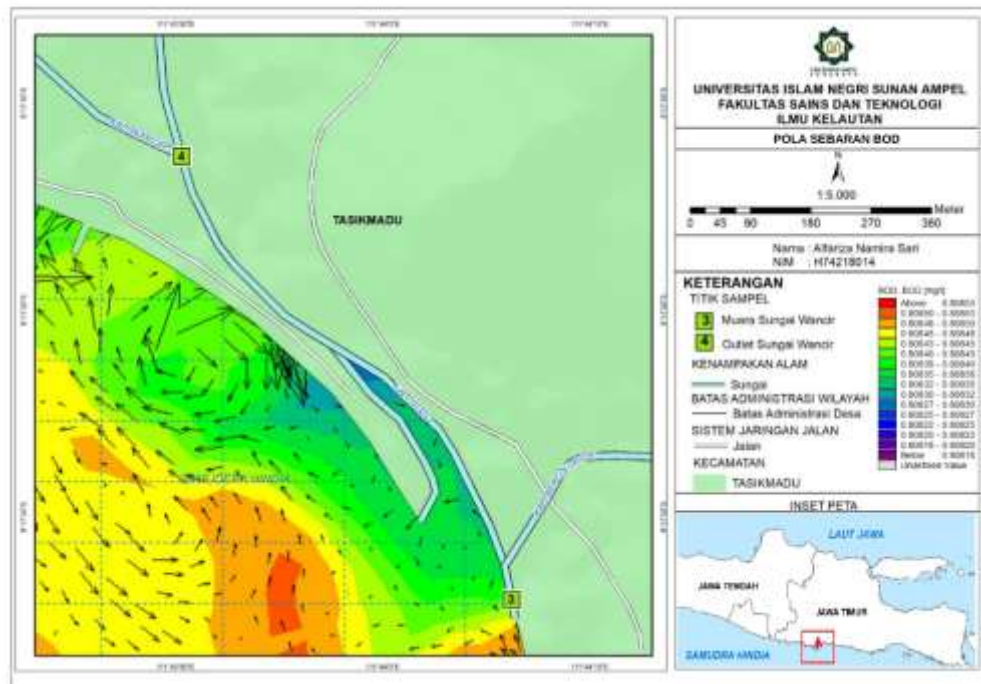


(b)

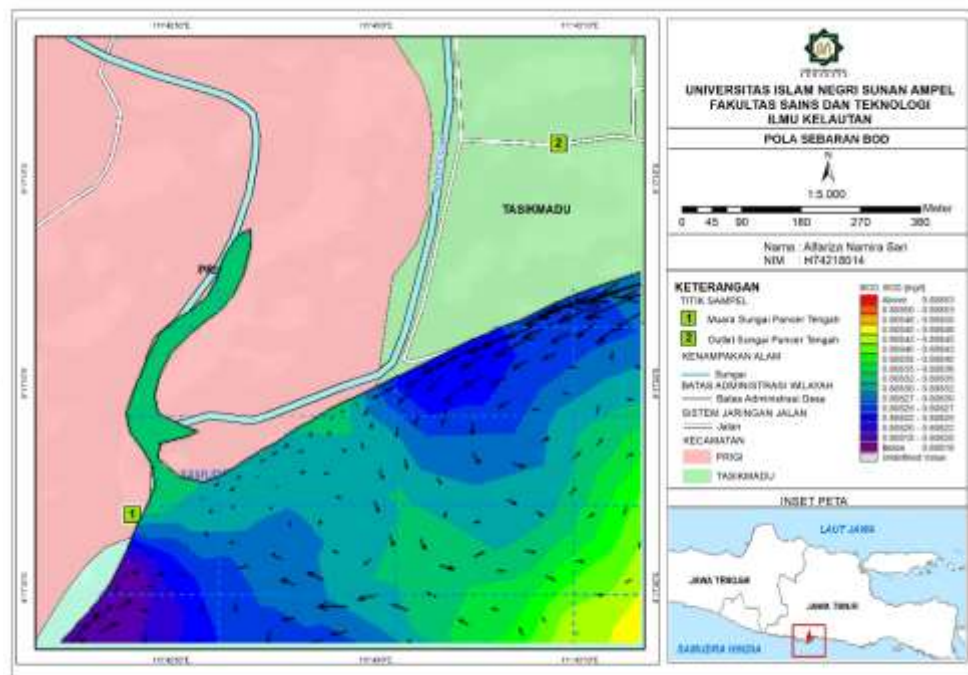
Gambar 4. 26 Pola Persebaran BOD Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(b)
Gambar 4. 27 Pola Persebaran BOD Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

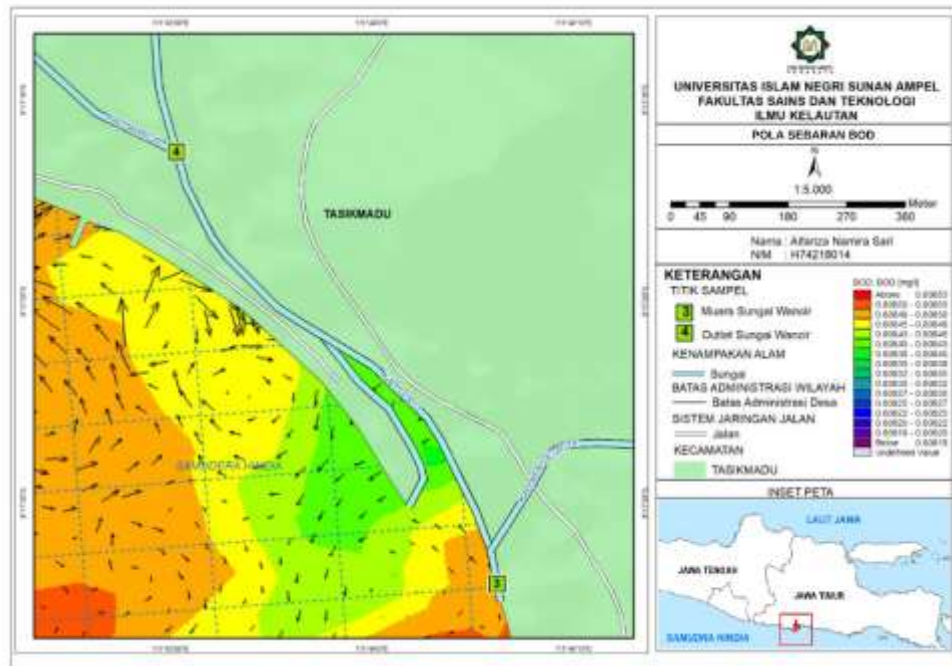


(a)

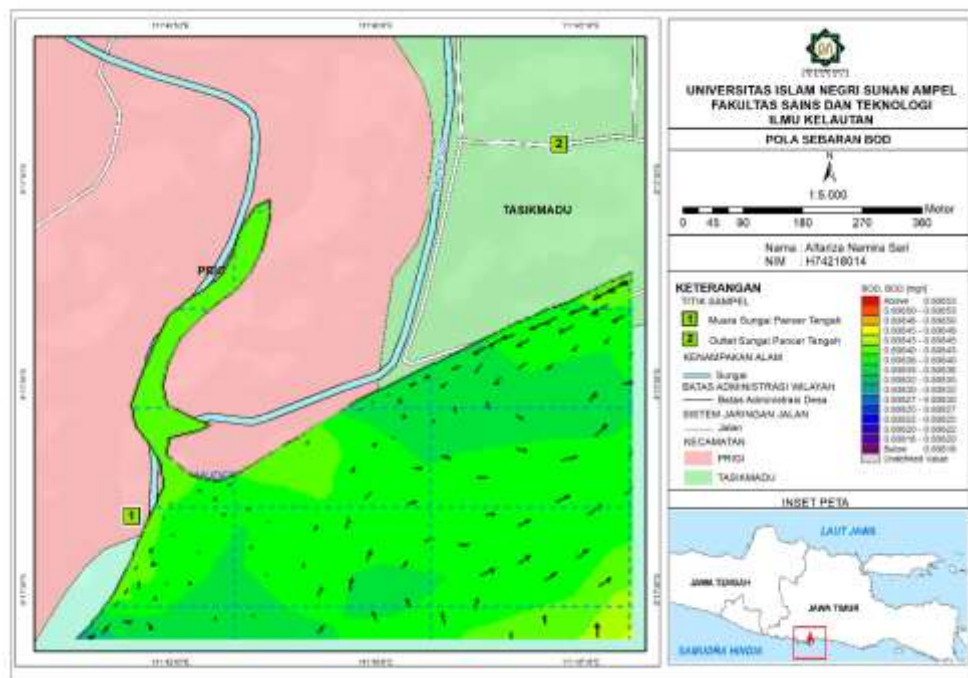


(b)

Gambar 4. 28 Pola Persebaran BOD Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



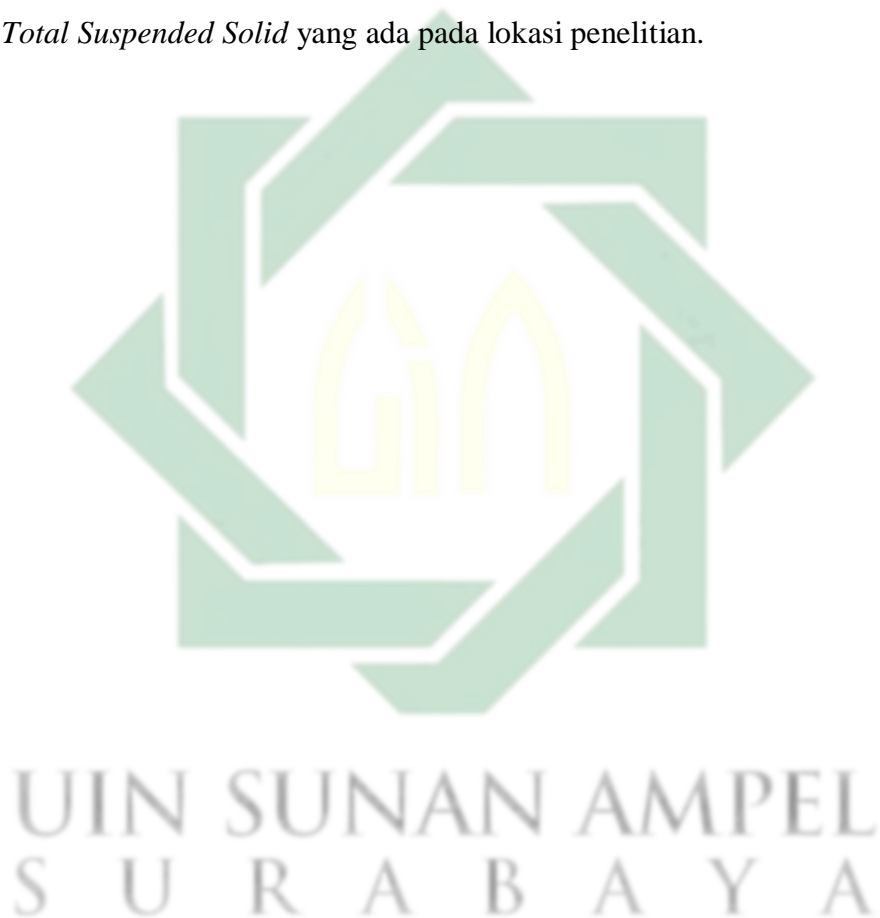
(b)

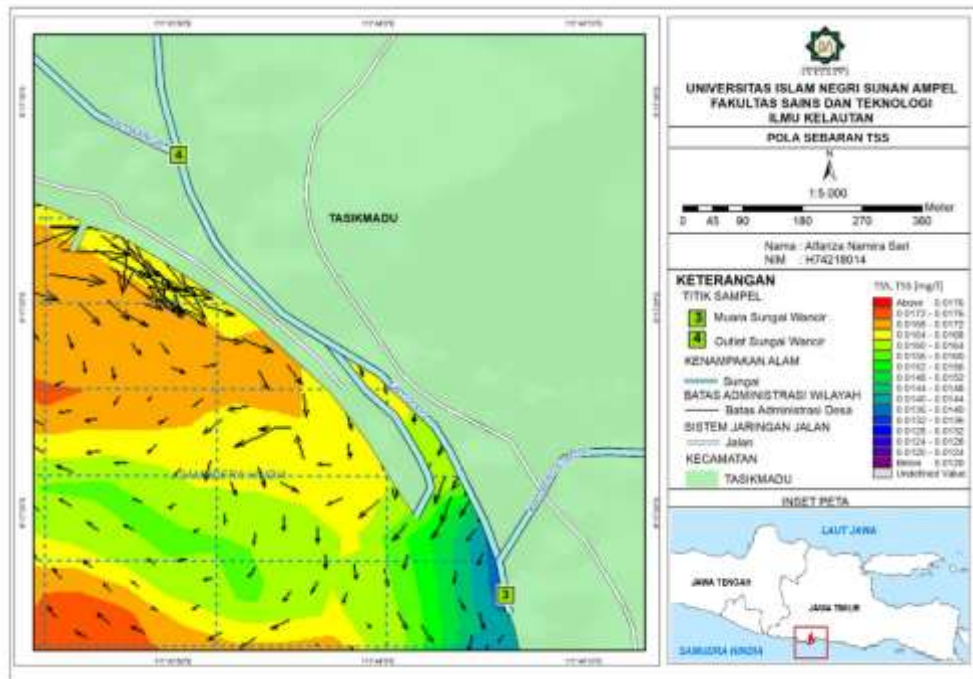
Gambar 4. 29 Pola Persebaran BOD Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

Kisaran nilai BOD pada bulan Oktober sama dengan nilai BOD pada bulan September, yaitu berkisar antara 0,914 mg/L hingga 0,915 mg/L. Pola

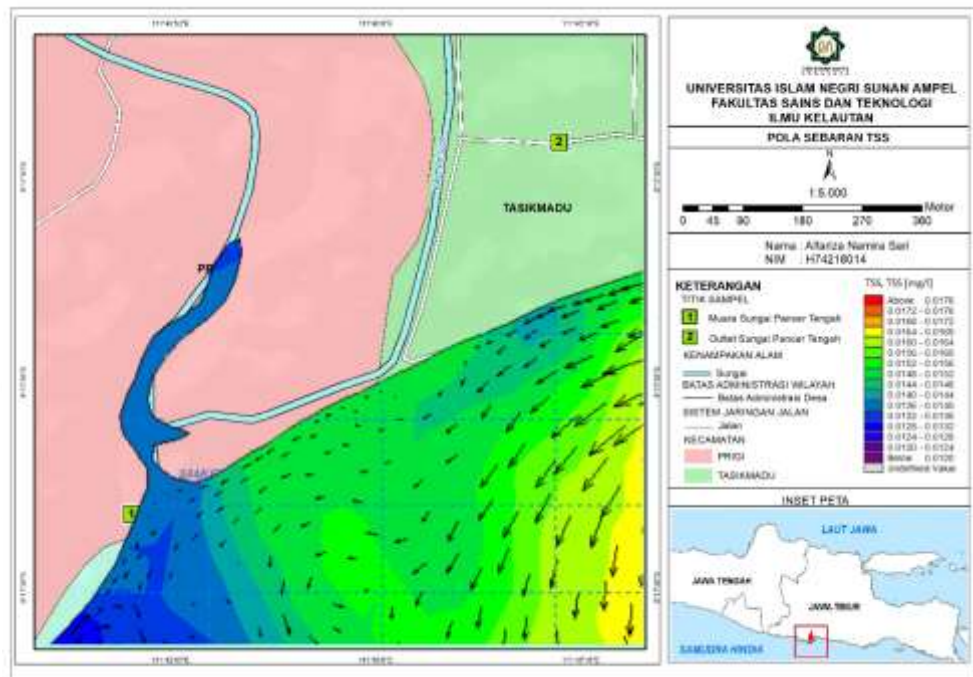
sebaran juga tidak jauh berbeda dengan bulan September. Pada perairan sekitar Muara Sungai Wancir, sebaran nilai konsentrasi BOD cenderung tinggi yang ditunjukkan dengan warna kuning hingga oranye.

Gambar 4.31 hingga Gambar 4.34 merupakan hasil akhir dari pemodelan untuk mengetahui pola persebaran bahan pencemar TSS atau *Total Suspended Solid* yang ada pada lokasi penelitian.



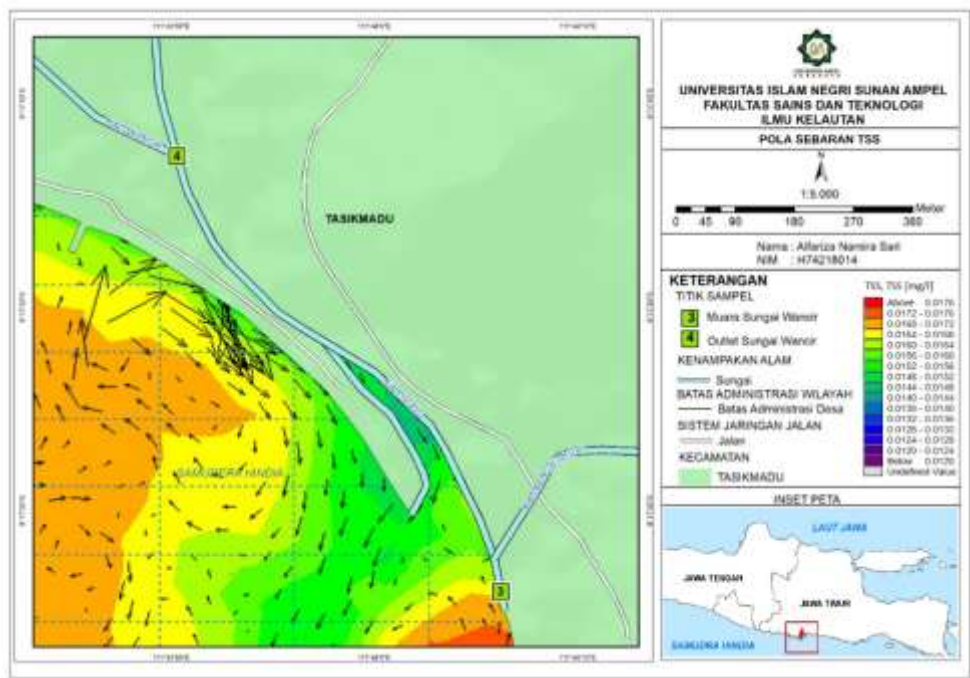


(a)

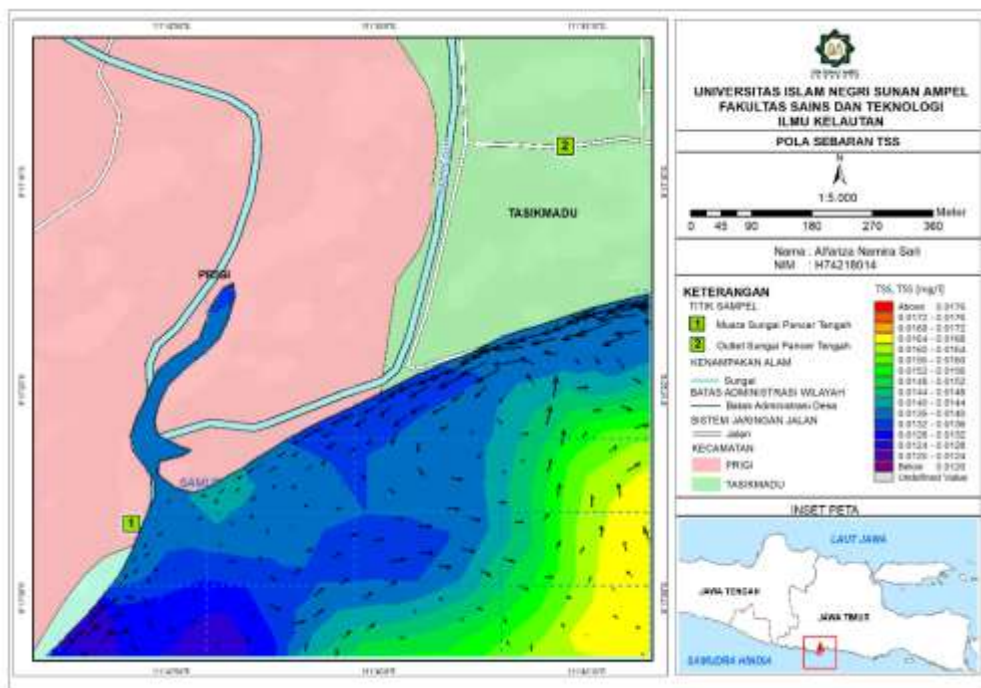


(b)

Gambar 4. 30 Pola Persebaran TSS Tanggal 5 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

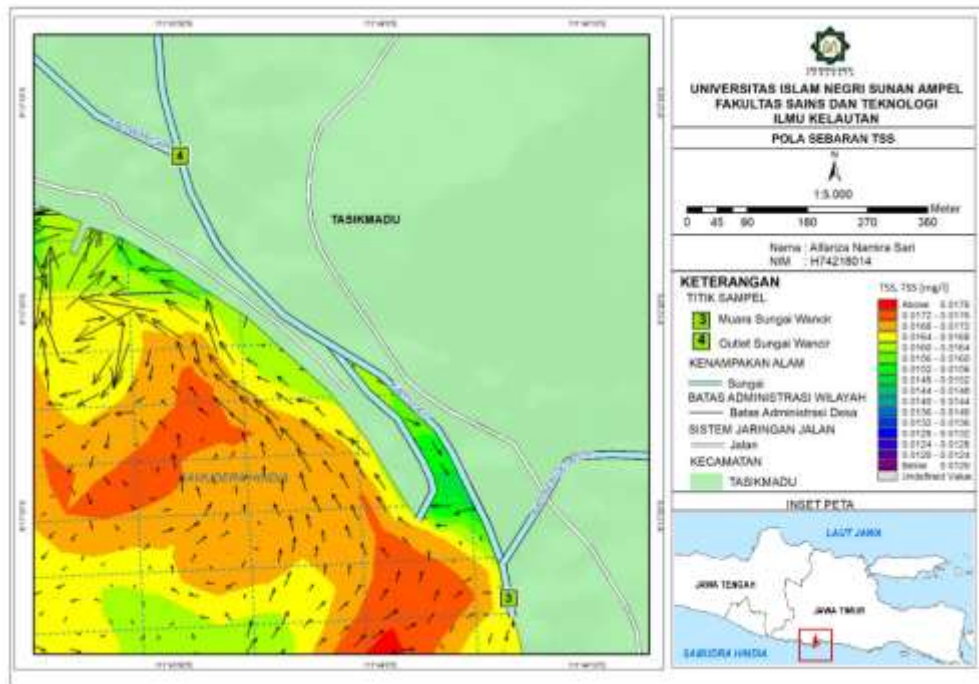


(a)

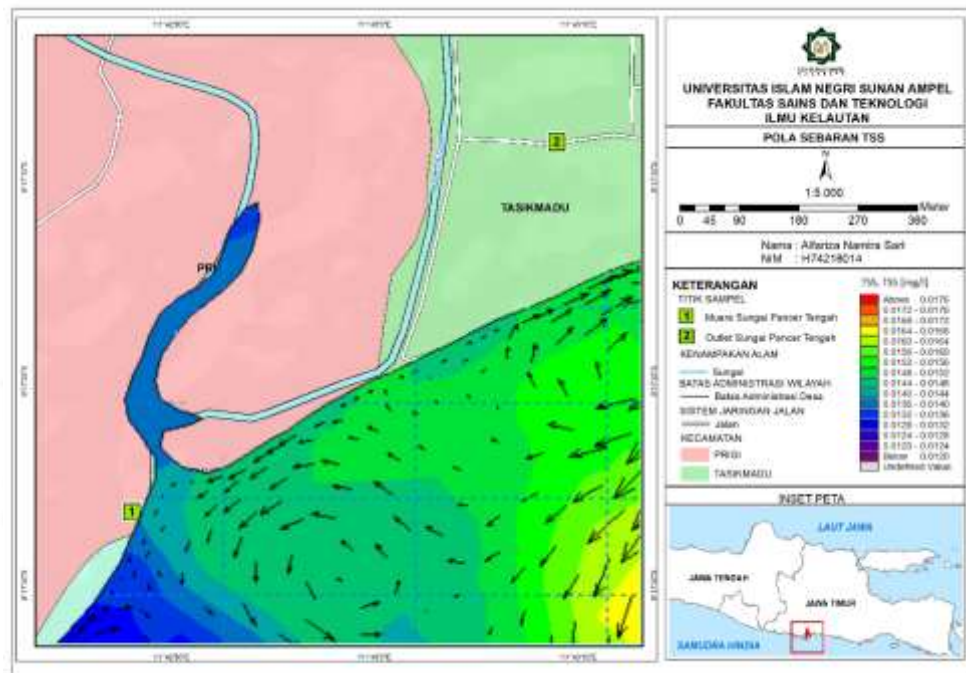


(b)

Gambar 4. 31 Pola Persebaran TSS Tanggal 12 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir
(b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



(b)

Gambar 4. 32 Pola Persebaran TSS Tanggal 19 September 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancar Tengah

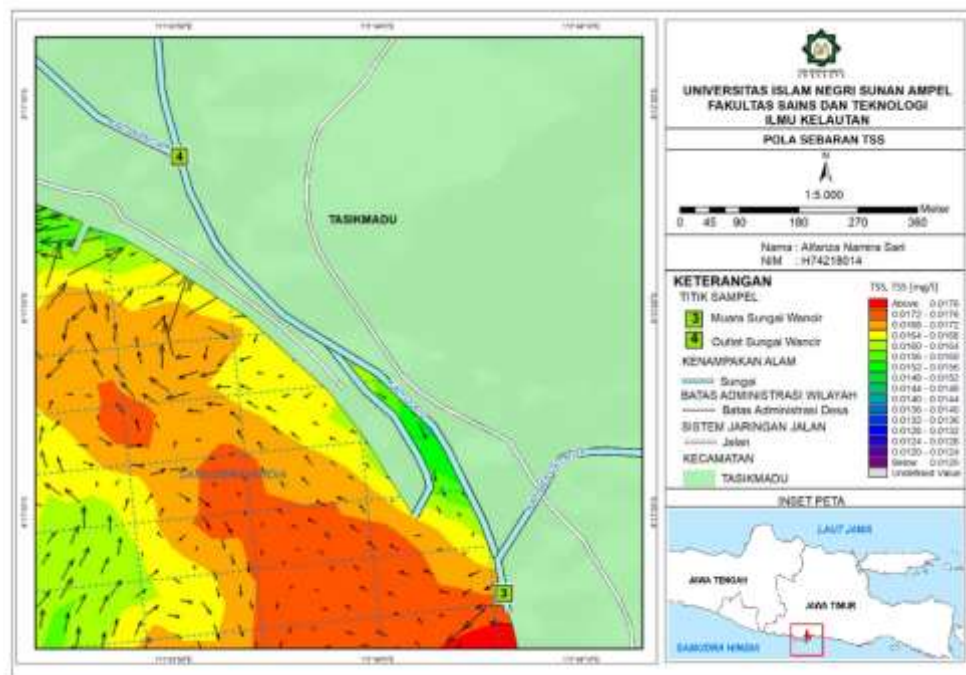
dapat dinyatakan masih berada dibawah baku mutu limbah industri perikanan yang telah ditetapkan. Nilai TSS yang tinggi terlihat di sekitar Muara Sungai Wancir ditandai dengan warna kuning hingga oranye.

Tinggi atau rendahnya nilai TSS pada suatu perairan dipengaruhi oleh banyak atau sedikitnya bahan-bahan tersuspensi yang masuk ke suatu perairan melalui aliran sungai yang berasal dari daratan. Bahan yang mengalir dari daratan ke sungai ini nantinya akan terpusat di muara. Nilai TSS pada perairan laut lepas akan semakin rendah dikarenakan adanya proses pengenceran oleh air laut ketika material tersebut sampai di laut (Winnarsih et al., 2016).

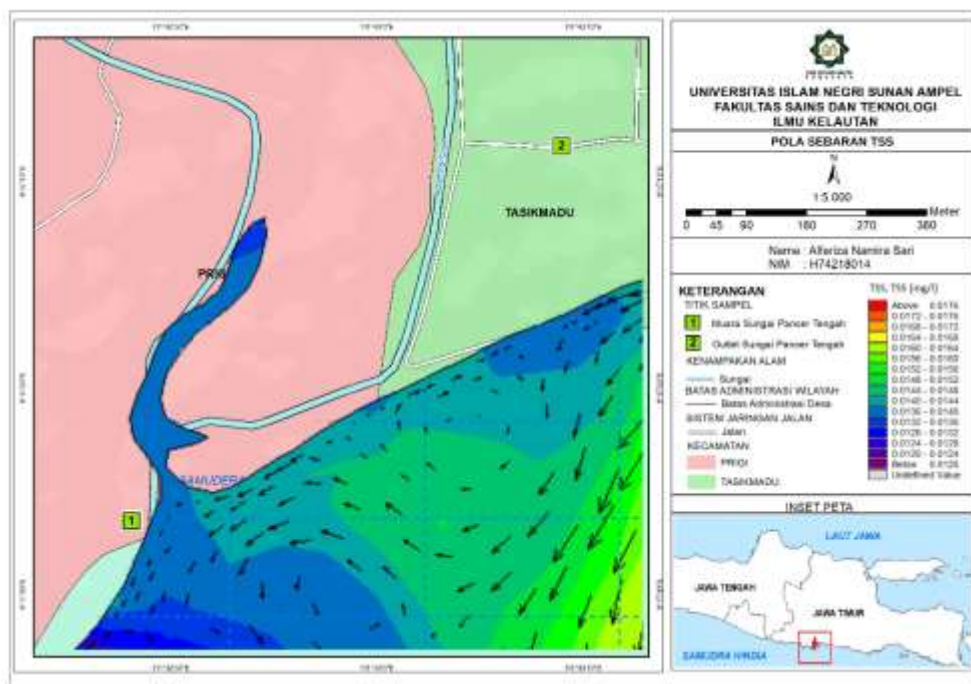
Selanjutnya, pada Gambar 4.35 hingga Gambar 4.38 merupakan hasil pemodelan pola sebaran TSS selama bulan Oktober 2021.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

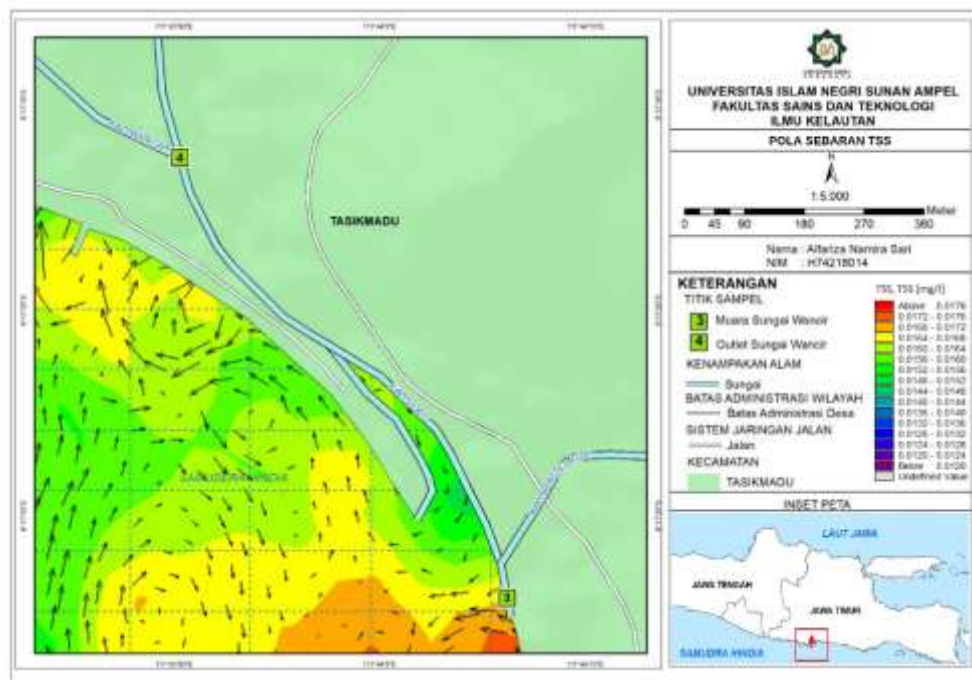


(a)

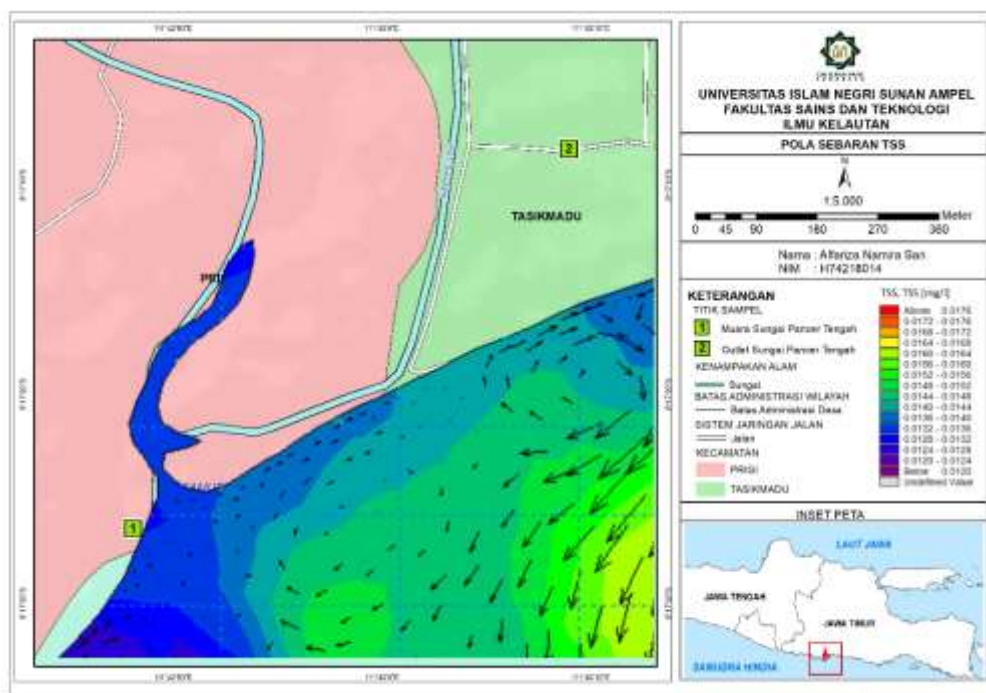


(b)

Gambar 4. 34 Pola Persebaran TSS Tanggal 5 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

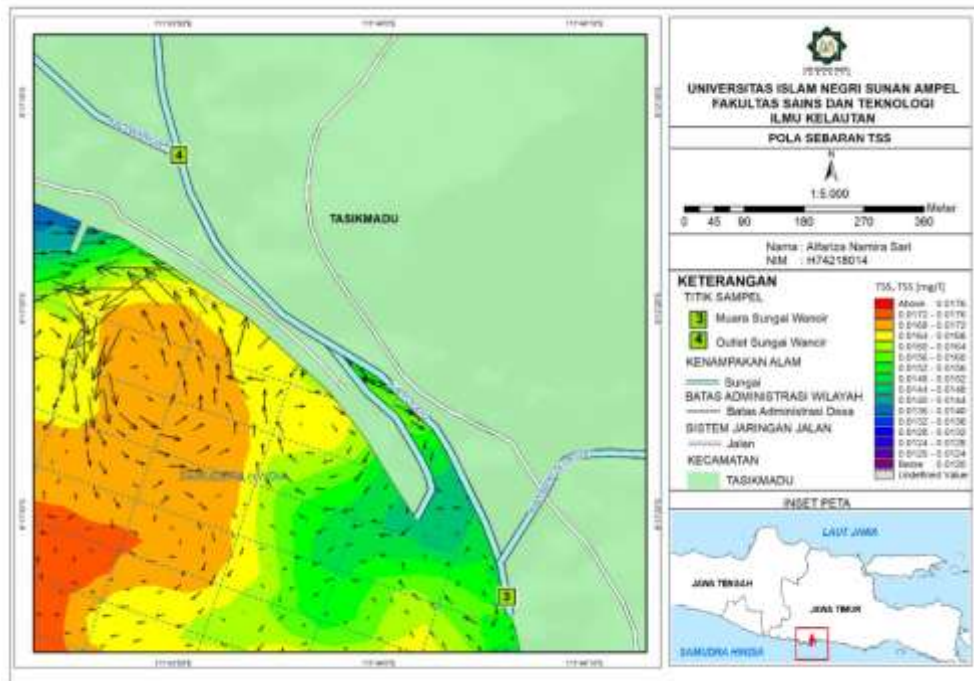


(a)

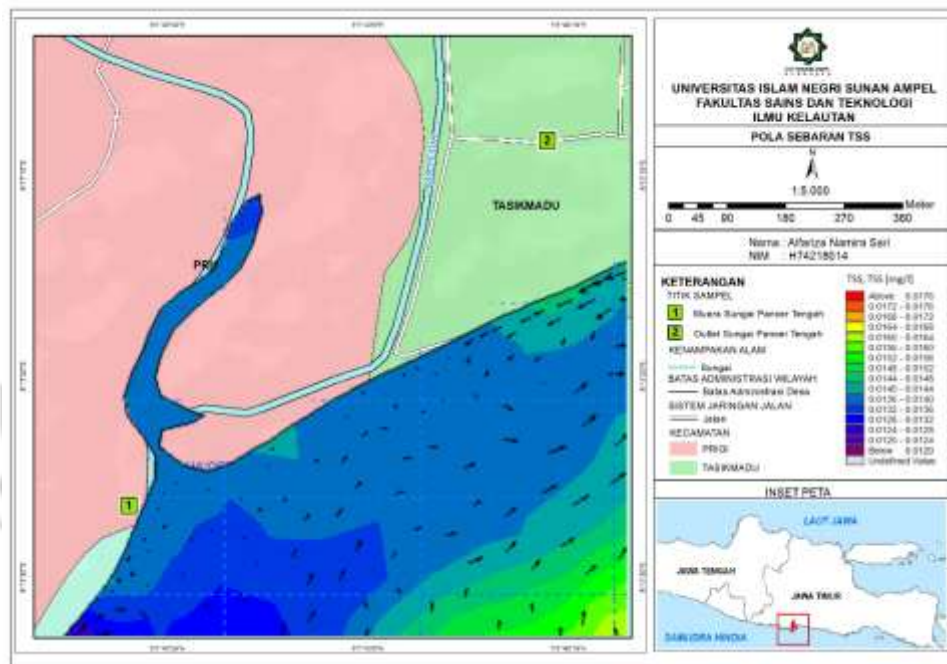


(b)

Gambar 4. 35 Pola Persebaran TSS Tanggal 12 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

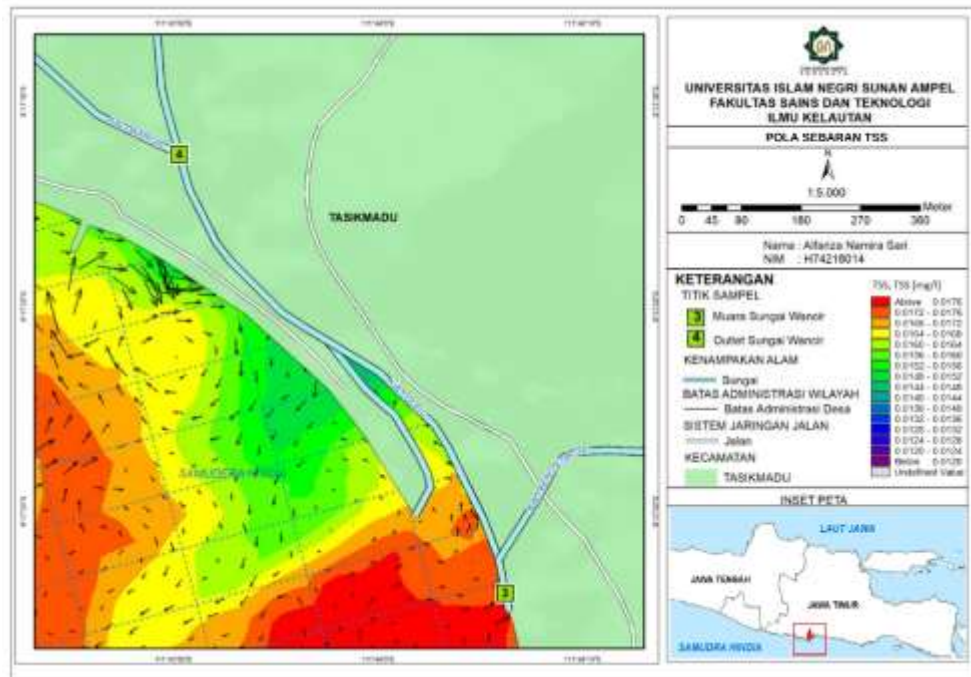


(a)

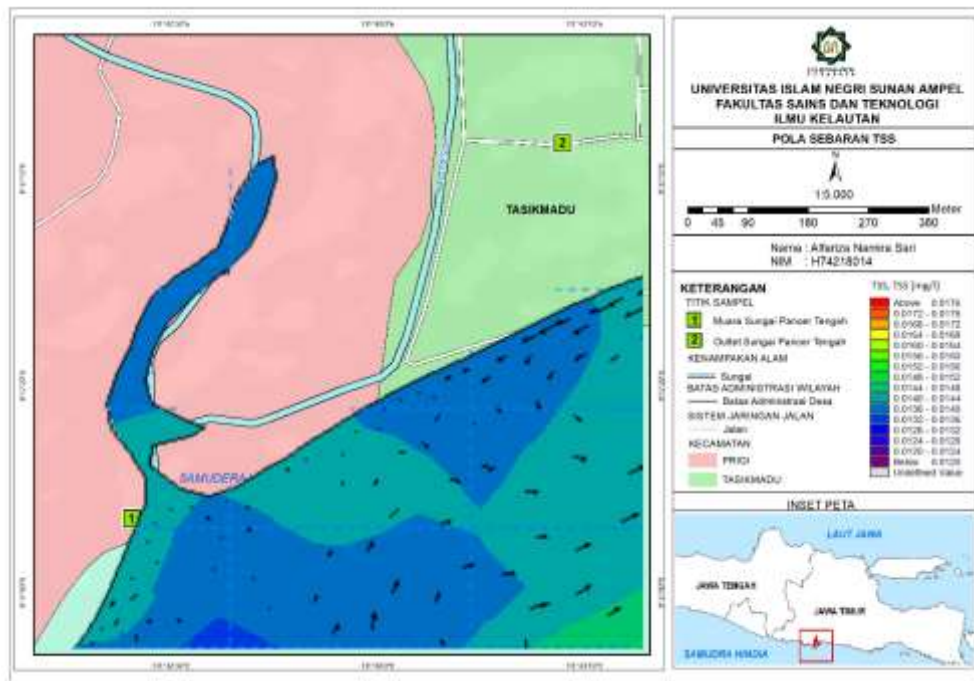


(b)

Gambar 4. 36 Pola Persebaran TSS Tanggal 19 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah



(a)



(b)

Gambar 4. 37 Pola Persebaran TSS Tanggal 26 Oktober 2021, (a) Muara Sungai Wancir (b) Muara Sungai Pancer Tengah

Nilai TSS pada bulan Oktober berkisar mulai dari 0,0015 mg/L hingga 0,0180 mg/L. Nilai tersebut tergolong kecil dan masih berada dalam batas

aman jika mengacu pada baku mutu air laut yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup pada KepMen LH No 51 Tahun 2004 untuk biota laut. Pada sekitar muara, nilai TSS cenderung berkisar di angka 0,0090 mg/L hingga 0,0150 mg/L ditandai dengan warna hijau dan kuning yang tertera pada peta hasil model pola persebaran. Angin dan pasang surut yang menghasilkan arus membentuk pola dari muara dan membawa kandungan TSS tersebut ke arah laut lepas.

Pasang surut memengaruhi ketersediaan nutrisi dan juga pola sebaran pada suatu wilayah perairan, terutama pada estuari atau muara. Pengaruh tersebut berasal dari fluktuasi atau pergerakan naik dan turunnya pasang surut secara relatif serta aliran permukaan atau run off yang berasal dari daratan (buangan limbah). Pada saat terjadinya pasang surut, maka terjadi pula masukan unsur hara atau nutrisi. Nutrisi akan lebih tinggi nilainya ketika air surut, hal ini dikarenakan massa air sungai jauh lebih tinggi dan dominan jika dibandingkan dengan massa air lautnya (Supriadi, 2001).

Jika berdasarkan pengamatan langsung pada kondisi lapangan, jumlah Bivalvia dan Gastropoda yang tersebar pada kedua muara cenderung sedikit dan didominasi oleh spesies tertentu saja. Persebaran dari kelimpahan makrozoobentos di suatu lokasi perairan dapat dipengaruhi oleh faktor hidro-oseanografi. Seperti pasang surut dan angin yang menghasilkan arus permukaan pada laut dan mengakibatkan adanya proses pengadukan bahan pencemar dari yang berada di permukaan dengan yang berada di substrat dasar perairan. Bahan pencemar tersebut dapat menjadi sumber nutrisi bagi

kelimpahan makrozoobentos dan bisa juga menjadi indikasi bahwa di lokasi tersebut tercemar sehingga tidak ditemukan makrozoobentos. Selain itu, faktor kedalaman dari laut itu sendiri juga memberikan pengaruh terhadap persebaran makrozoobentos (Boutoumit et al., 2021).


Menurut Hakim et al., (2020), persebaran dari komunitas dan jenis makrozoobentos ditentukan dari faktor alami, fisika serta kimia pada perairan. Faktor fisika perairan ini meliputi kecepatan arus, kedalaman, pasang surut, kecerahan, dan suhu. Kelimpahan makrozoobentos sangat bergantung pada tingkat toleransi dari makrozoobentos itu sendiri terhadap adanya perubahan dan perbedaan kualitas perairan ataupun faktor fisika perairan.







4.3 Analisis Makrozoobentos




4.3.1 Identifikasi Makrozoobentos

Pada tabel 4.3.1 di bawah ini, terdapat taksonomi beserta gambar dari masing-masing Bivalvia dan Gastropoda yang ditemukan selama penelitian berlangsung. Taksonomi ini adalah berdasarkan referensi dari (Sugianti et al., 2014).

Tabel 4.3.1 Taksonomi Bivalvia dan Gastropoda

No.	Taksonomi	Gambar
1.	Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Veneroida Famili: Veneridae Genus: <i>Gemma</i> Spesies: <i>Gemma gemma</i>	

2.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Ostreoida Famili: Ostreidae Genus: <i>Ostrea</i> Spesies: <i>Ostrea edulis</i></p>	
3.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Mytiloida Famili: Mytilidae Genus: <i>Limnoperna</i> Spesies: <i>Limnoperna fortunei</i></p>	
4.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Mytiloida Famili: Mytilidae Genus: <i>Perna</i> Spesies: <i>Perna perna</i></p>	
5.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Cardiida Famili: Tellinidae Genus: <i>Tellina</i> Spesies: <i>Tellina spenceri</i></p>	
6.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Arcida Famili: Arcidae Genus: <i>Anadara</i> Spesies: <i>Anadara brasiliiana</i></p>	
7.	<p>Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Bivalvia Ordo: Eulamellibranchia Famili: Unionidae Genus: <i>Unio</i> Spesies: <i>Unio duglasiae</i></p>	

8.	Kingdom: Animilia Filum: Mollusca Kelas: Gastropoda Ordo: Neotaenioglossa Famili: Calyptraeidae Genus: <i>Crepidula</i> Spesies: <i>Crepidula fornicate</i>	
9.	Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Gastropoda Ordo: Pyramidelloidea Famili: Pyramidellidae Genus: <i>Boonea</i> Spesies: <i>Boonea bisuturalis</i>	
10.	Kingdom: Animalia Filum: Mollusca Kelas: Gastropoda Ordo: Littorinimorpha Famili: Strombidae Genus: <i>Canarium</i> Spesies: <i>Canarium labiatum</i>	

Total makrozoobentos yang ditemukan adalah 10 spesies baik dari kelas Bivalvia maupun Gastropoda. Jumlah spesies dari kelas Bivalvia yang ditemukan totalnya adalah 7 spesies dan untuk kelas Gastropoda jumlah spesies yang ditemukan adalah 3 spesies. Sedikit atau banyaknya spesies dari kelas Bivalvia dan Gastropoda yang ditemukan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, baik faktor fisika-kimia perairan, jenis sedimen pada lokasi ataupun faktor hidro-oseanografi (Rabiah, Kardhinata & Karim, 2017).

Kelas Bivalvia umumnya menyukai jenis substrat yang berpasir maupun berlumpur. Beberapa spesiesnya juga ditemukan dapat hidup pada substrat yang lebih keras seperti batu atau lempung kayu. Bivalvia diketahui merupakan kelas makrozoobentos yang dominan dalam

penyusunan makrofauna di dasar perairan dan dapat ditemukan hingga mencapai kedalaman 5000 meter (Nyabakken, 1992).

Kelas Gastropoda umumnya ditemukan hidup pada substrat yang berpasir. Gastropoda juga diketahui memiliki sifat toleransi yang tinggi terhadap adanya perubahan parameter lingkungan yang ada di sekitarnya. Hal tersebut juga menjadikan kelas Gastropoda ini dapat menjadi biota indikator untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu lingkungan. Gastropoda memiliki sifat penyebaran yang kosmopolit ditinjau dari sifatnya yang memiliki toleransi terhadap perubahan lingkungan (Barnes & Huges, 1998).

4.3.2 Kelimpahan Makrozoobentos

Berdasarkan hasil perhitungan penelitian ini, setelah dilakukan pengambilan sampel pada 2 stasiun yaitu stasiun Sungai Pancer Tengah dan stasiun Sungai Wancir serta meliputi 4 lokasi yaitu Outlet Sungai Pancer Tengah, Muara Sungai Pancer Tengah, Outlet Sungai Wancir dan juga Muara Sungai Wancir, maka didapatkan hasil perhitungan kelimpahan makrozoobentos di masing-masing lokasi seperti pada Tabel 4.3.2.

Tabel 4.3.2 Kelimpahan Makrozoobentos

Nama	Muara Sungai Pancer Tengah	Outlet di Sungai Pancer Tengah	Muara Sungai Wancir	Outlet di Sungai Wancir
<i>Ostrea edulis</i>	2139 ± 1651	1583 ± 1968	-	-
<i>Crepidula fornicata</i>	1639 ± 1179	2986 ± 1492	-	2097 ± 1393
<i>Anadara</i>	1583 ± 1553	2014 ± 1555	-	-

<i>brasiliana</i>				
<i>Tellina spenceri</i>	2208 ± 1990	2167 ± 1760	625 ± 252	1389 ± 1672
<i>Perna perna</i>	1583 ± 1505	-	681 ± 349	1958 ± 1868
<i>Unio duglasiae</i>	1139 ± 1157	2139 ± 1830	542 ± 288	1708 ± 1380
<i>Gemma gemma</i>	-	2306 ± 1885	556 ± 197	1389 ± 1946
<i>Boonea bisuturalis</i>	-	-	694 ± 212	1861 ± 1519
<i>Canarium labiatum</i>	-	-	694 ± 185	2875 ± 2000

Nilai rata-rata kelimpahan yang tertinggi secara keseluruhan ada pada lokasi Outlet di Sungai Pancer Tengah dengan nilainya yaitu sebesar 2986 ind/m³. Nilai tertinggi tersebut ada pada spesies *Crepidula fornicata*. Spesies *Crepidula fornicata* diketahui sebagai spesies invasif dan menjadi hama bagi oyster dikarenakan adanya perebutan bagi ruang hidup dan makanan. Spesies ini juga diduga sapat mengubah karakteristik dari sedimen di suatu lokasi dengan cara menghilangkan sebagian besar endapan bahan organik pada sedimen (Sugianti et al., 2014).

Nilai rata-rata kelimpahan yang terendah ada pada lokasi Muara Sungai Wancir. Spesies dengan nilai rata-rata kelimpahan yang terendah yaitu spesies *Unio duglasiae* dengan nilainya adalah sebesar 542 ind/m³. *Unio duglasiae* diketahui sebagai salah satu spesies kerang konsumsi dan banyak dikonsumsi, terutama di Korea. Spesies ini juga diketahui memiliki sifat yang tidak toleran terhadap adanya perubahan di lingkungan sekitarnya. Meninjau sifat spesies *Unio duglasiae* yang

tidak toleran terhadap perubahan lingkungan, maka spesies ini dapat dikaitkan dengan adanya pencemaran di suatu lokasi, terjadinya kerusakan habitat serta adanya invasi spesies tertentu yang bersifat mewabah (Hwang et al., 2021).

Tinggi atau rendahnya kelimpahan makrozoobentos jenis Bivalvia dan Gastropoda dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan yang menunjang nutrisi untuk Bivalvia dan Gastropoda itu sendiri. (Pealeu et al., 2018). Menurut Rabiah, Kardhinata & Karim, (2017), jenis substrat dasar suatu lingkungan juga akan berpengaruh terhadap struktur dan kelimpahan dari Bivalvia dan Gastropoda. Begitu juga dengan pernyataan Afif et al., (2014) yang menyatakan bahwa kelimpahan makrozoobentos kelas Bivalvia dan Gastropoda ditentukan dari jenis substratnya. Setiap individu dari kelas Gastropoda dan Bivalvia memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap jenis sedimen atau substrat dan terhadap kandungan bahan organik dalam sedimen (Yatul Sidik et al., 2016).

Parameter fisika-kimia perairan seperti pH, salinitas, DO dan kecerahan juga menjadi faktor yang memengaruhi tinggi atau rendahnya nilai kelimpahan makrozoobentos. Bivalvia memiliki nilai ideal pH sebesar 5,6 – 8,3 untuk metabolisme dan pertumbuhan yang maksimal. Sedangkan untuk Gastropoda, nilai pH yang ideal untuk melakukan metabolisme serta pertumbuhan adalah sebesar 7,3 – 7,6 (Yatul Sidik et al., 2016). Jika meninjau dari nilai pH yang telah diukur

dari masing-masing lokasi, nilai pHnya berkisar pada angka lebih dari 9, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai pHnya telah melampaui nilai pH ideal baik untuk Bivalvia dan Gastropoda. Hal tersebut dapat menjadi salah satu faktor rendahnya nilai kelimpahan makrozoobentos dari kelas Bivalvia dan Gastropoda.

Nilai DO pada lokasi penelitian termasuk ke dalam kategori rendah atau *hypoxic* dan dapat menjadi salah satu faktor rendahnya kelimpahan makrozoobentos kelas Bivalvia dan Gastropoda pada lingkungan tersebut. DO atau *Dissolved Oxygen* sangat memengaruhi jumlah dan jenis makrozoobentos di suatu perairan. Semakin tinggi nilai DO maka semakin tinggi pula nilai kelimpahan makrozoobentos begitu juga sebaliknya (Yatul Sidik et al., 2016).

4.4 Korelasi antara Bahan Pencemar dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Analisis korelasi pada penelitian ini menggunakan analisis korelasi Pearson yang datanya diolah melalui *software* SPSS. Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara kandungan bahan organik dengan kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian. Apabila nilai signifikansi dari hasil uji adalah lebih dari 0,05 ($\text{sig} > 0,05$), maka tidak ada korelasi, dan apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($\text{sig} < 0,05$), maka terdapat korelasi di antara kedua variable. Perlu dipastikan terlebih dahulu terkait distribusi data apakah normal atau tidak sehingga baru bisa dilakukan uji korelasi (Fitri et al., 2017). Berikut merupakan hasil analisis korelasinya:

A. Kandungan Nitrat dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hasil analisis korelasi Pearson antara kandungan Nitrat dengan kelimpahan makrozoobentos ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 7 Korelasi Nitrat dengan Kelimpahan Makrozoobentos

		Nitrat	Kelimpahan
Nitrat	Pearson Correlation	1	-.287
	Sig. (2-tailed)		.111
	N	32	32
Kelimpahan	Pearson Correlation	-.287	1
	Sig. (2-tailed)	.111	
	N	32	32

Pada tabel di atas, dapat terlihat bahwa nilai signifikannya adalah 0,11 dimana nilai tersebut telah melebihi angka 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada korelasi antara kandungan bahan pencemar organik Nitrat dengan Kelimpahan Makrozoobentos. Tidak adanya hubungan antara nitrat dengan kelimpahan makrozoobentos dapat terjadi karena adanya nitrat di badan sungai adalah akibat dari terbawanya kandungan nitrat oleh limbah domestik. Apabila semakin jauh dari sumber limbah tersebut, maka kandungan nitrat akan semakin terurai dan akan semakin berkurang, sehingga faktor yang membuat makrozoobentos di suatu lokasi melimpah kemungkinan besar yaitu bukan kandungan Nitrat (Mustofa, 2015).

Substrat pada lokasi penelitian yang berjenis pasir juga dapat menyebabkan rendahnya nilai Nitrat dan menghasilkan nilai korelasi yang rendah dengan kelimpahan makrozoobentos. Menurut Yudha et al., (2020),

ukuran pori-pori substrat pasir jauh lebih besar dibandingkan dengan substrat lumpur sehingga mengakibatkan bahan pencemar yang ada pada sedimen dengan mudahnya terbawa arus dan sulit mengendap.

B. Kandungan Fosfat dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hasil analisis korelasi antara kandungan bahan pencemar Fosfat dengan kelimpahan makrozoobentos ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 8 Korelasi Fosfat dengan Kelimpahan Makrozoobentos

		Fosfat	Kelimpahan
Fosfat	Pearson Correlation	1	-.034
	Sig. (2-tailed)		.853
	N	32	32
Kelimpahan	Pearson Correlation	-.034	1
	Sig. (2-tailed)	.853	
	N	32	32

Dapat terlihat bahwa nilai hasil uji signifikan adalah sebesar 0,85 dimana nilai tersebut melebihi 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa kandungan Fosfat dengan kelimpahan makrozoobentos tidak berkorelasi.

Tidak adanya hubungan antara Fosfat dengan kelimpahan makrozoobentos ini dapat memiliki arti bahwa kelimpahan makrozoobentos di lokasi penelitian dipengaruhi oleh adanya faktor lain. Faktor lain tersebut dapat berupa jenis sedimen pada suatu perairan. Pada lokasi penelitian, jenis sedimen setelah dilakukan analisis sedimen berdasarkan %fraksi menunjukkan nilai yang dominan ada pada jenis

sedimen pasir. Jenis sedimen berupa pasir diketahui kurang bisa mengikat bahan organik pada substrat tersebut (Najah et al., 2020).

Menurut Simanjutak et al., (2020), akumulasi bahan organik pada substrat pasir cenderung lebih sulit, akibatnya, kandungan bahan organiknya juga turut rendah. Bahan organik yang sedikit jumlahnya sama dengan sedikitnya makanan yang tersedia bagi makrozoobentos itu sendiri. Umumnya, sedimen yang berjenis lumpur memiliki unsur hara yang lebih kaya jika dibandingkan dengan sedimen berjenis pasir.

C. Kandungan TSS dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hasil analisis korelasi Pearson antara kandungan TSS dengan kelimpahan makrozoobentos ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 9 Korelasi TSS dengan Kelimpahan Makrozoobentos

		TSS	Kelimpahan
TSS	Pearson Correlation	1	-.092
	Sig. (2-tailed)		.615
	N	32	32
Kelimpahan	Pearson Correlation	-.092	1
	Sig. (2-tailed)	.615	
	N	32	32

Nilai signifikan pada tabel yaitu sebesar 0,61 dimana nilai tersebut adalah lebih besar dari 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa antara kandungan TSS dengan kelimpahan makrozoobentos tidak berkorelasi.

Tidak adanya korelasi antara kandungan TSS dengan kelimpahan makrozoobentos dapat terjadi karena berbagai faktor, salah satunya adalah

nilai TSS yang cenderung rendah sehingga tidak berkontribusi banyak terhadap nilai kelimpahan dari makrozoobentos. TSS itu sendiri merupakan material yang tersuspensi dan berasal dari bahan organik dalam perairan. TSS yang terlalu tinggi dapat berakibat pada terhalangnya cahaya matahari untuk masuk ke perairan sehingga produktivitas perairan dalam menurun karena terganggunya proses fotosintesis oleh organisme produser pada perairan (Mustofa, 2018).

Jenis sedimen yang merupakan pasir pada lokasi penelitian juga turut berkontribusi pada tidak adanya korelasi antara kandungan TSS dengan kelimpahan makrozoobentos. Hal tersebut akibat dari ukuran jenis sedimen yang terlalu besar sehingga menjadikan TSS mudah untuk terbawa arus (Cammen, 1982).

D. Kandungan BOD dengan Kelimpahan Makrozoobentos

Hasil analisis korelasi Pearson antara kandungan BOD dengan kelimpahan makrozoobentos tertera pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 10 Korelasi BOD dengan Kelimpahan Makrozoobentos

		BOD	Kelimpahan
BOD	Pearson Correlation	1	-.152
	Sig. (2-tailed)		.406
	N	32	32
Kelimpahan	Pearson Correlation	-.152	1
	Sig. (2-tailed)	.406	
	N	32	32

Pada tabel tersebut, dapat terlihat bahwa nilai signifikannya adalah sebesar 0,4 dimana nilai tersebut telah melebihi 0,05 sehingga hubungan antara kandungan BOD dengan kelimpahan makrozoobentosnya adalah tidak berkorelasi. BOD atau *Biological Oxygen Demand* merupakan tingkat banyak atau sedikitnya oksigen yang dibutuhkan bakteri dalam mendegradasi bahan organik dengan keadaan atau kondisi aerobik (Nurmaliakasih et al., 2017). Pada penelitian Simamora, (2017), diketahui hasilnya untuk hubungan antara BOD dengan kelimpahan makrozoobentos adalah bernilai negative (-), dimana arti dari nilai negative ini semakin tinggi nilai BOD maka semakin rendah nilai kelimpahan makrozoobentosnya.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dapat ditarik kesimpulan dari berbagai uraian pembahasan di atas sebagai berikut:

1. Pola sebaran bahan pencemar pada sekitar Muara Sungai dipengaruhi oleh arus permukaan pada perairan yang membawa bahan pencemar dari arah kedua muara ke arah perairan lepas.
2. Tingkat kelimpahan makrozoobentos pada Muara Sungai Pancer Tengah memiliki nilai rata-rata kelimpahan yang lebih tinggi yaitu 2208 ind/m³ dibandingkan Muara Sungai Wancir dengan nilai rata-rata kelimpahan adalah 542 ind/m³.
3. Tidak ada korelasi antara kelimpahan makrozoobentos dengan Nitrat, Fosfat, BOD dan TSS di lokasi penelitian.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis terkait penelitian ini untuk memperbaiki dan menyempurnakan penelitian selanjutnya adalah:

1. Melengkapi data penelitian, berupa data bahan pencemar secara lebih menyeluruh dan lebih lengkap.
2. Meninjau dan menganalisis kembali faktor utama penyebab terjadinya pencemaran pada lokasi penelitian.
3. Memperkaya data lapangan.
4. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pemodelan pola sebaran bahan pencemar yang didasarkan pada perbedaan musim.
5. Pada penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis korelasi antara spesies makrozoobentos yang ditemukan dengan kandungan bahan pencemarnya.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- [MenLH] Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2014). *Keputusan Menteri No 51 Tahun 2014. 51.*
- Afif, J., Ngabekti, S., & Pribadi, T. A. (2014). Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Di Ekosistem Mangrove Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Unnes Journal of Life Sciences*, 1(3).
- Ainuddin, & Widyawati. (2017). Studi Pencemaran Logam berat Merkuri (Hg) DI PERAIRAN SUNGAI TABOBO KECAMATAN MALIFUT KABUPATEN HALMAHERA UTARA. *Jurnal Ecosystem*, 17(1), 643–659.
[https://doi.org/10.1016/0584-8539\(93\)80147-3](https://doi.org/10.1016/0584-8539(93)80147-3)
- Alwi, D., Muhammad, S. H., & Herat, H. (2020). Keanekaragaman Dan Kelimpahan Makrozoobentos Pada Ekosistem Mangrove Desa Daruba Pantai Kabupaten Pulau Morotai. *Jurnal Enggano*, 5(1), 64–77.
<https://doi.org/10.31186/jenggano.5.1.64-77>
- Arbianti, P., Nurrachmi, I., & Metode, B. (2017). Sebaran Nitrat , Fosfat dan Kelimpahan Fitoplankton di Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 22(2), 1–9.
- Arfianti, D. (2019). Struktur Komunitas Makrozoobentos Pada Ekosistem Lamun Di Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1), 1–7.

<https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.1>

Arizuna, M., Suprpto, D., & Muskananfolo, M. R. (2014). KANDUNGAN NITRAT DAN FOSFAT DALAM AIR PORI SEDIMEN DI SUNGAI DAN MUARA SUNGAI WEDUNG DEMAK. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(1), 7–16.

Barnes, R. S. K., & Huges, R. . (1998). *Introduction To Marine Ecology* (Second Edi). Oxford.

Barus, B. S., Aryawati, R., Putri, W. A. E., Nurjuliasti, E., Diansyah, G., & Sitorus, E. (2019). Hubungan N-Total dan C-Organik Sedimen Dengan Makrozoobentos di Perairan Pulau Payung, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(2), 147. <https://doi.org/10.14710/jkt.v22i2.3770>

Bertan, C. V., Dundu, A. K. ., & Mandagi, R. J. . (2016). Pengaruh Pendayagunaan Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja) Terhadap Hasil Pekerjaan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(1), 13–20.

Boutoumit, S., Bououarour, O., Kamcha, R. El, Pouzet, P., Zourarah, B., Benhoussa, A., Maanan, M., & Bazairi, H. (2021). Spatial Patterns of Macrozoobenthos Assemblages in a Sentinel Coastal Lagoon : Biodiversity and Environmental Drivers. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(461), 1–17.

Cammen, L. M. (1982). Effect of Particle Size on Organic Content and Microbial

- Abundance Within Four Marine Sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 9(3), 273–280. <http://www.jstor.org/stable/24814539>
- Di, B., & Kendari, T. (2020). *KELIMPAHAN MAKROZOOBENTHOS DAN KUALITAS AIR SUNGAI YANG BERMUARA DI TELUK KENDARI* *Macrozoobenthos Abundance And Quality Of River Water Which Empties Into Kendari Bay I*. 9, 90–100.
- Fitri, N., Mawardi, & Kurniawan, R. A. (2017). KORELASI ANTARA KETERAMPILAN METAKOGNISI DENGAN AKTIVITAS DAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATA PELAJARAN KIMIA KELAS X MIA SMA NEGERI 7 PONTIANAK. *Ar-Razi Jurnal Ilmiah*, 5(1).
- Gultom, C. R., Muskananfolo, M. R., & Purnomo, P. W. (2018). HUBUNGAN KELIMPAHAN MAKROZOOBENTHOS DENGAN BAHAN ORGANIK DAN TEKSTUR SEDIMEN DIKAWASAN MANGROVE DI DESA BEDONO KECAMATAN SAYUNG KABUPATEN DEMAK. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7, 172–179.
- Hakim, L. Al, Hariyadi, & Zubaidah, A. (2020). Distribution of macrozoobenthos at the Seletreng river in Banyuglugur, Situbondo, Indonesia. *Indonesian Journal of Tropical Aquatic*, 3(1), 32–39.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu*

Lingkungan, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>

- Hanifah, D. N., Wulandari, S. Y., Maslukah, L., & Supriyantini, E. (2018). Sebaran Horizontal Konsentrasi Nitrat Dan Fosfat Anorganik Di Perairan Muara Sungai Kendal , Kabupaten Kendal Horizontal Distribution Of Inorganic Nitrate And Phosphate Concentrations In The Water Of Kendal River Estuary , Kendal District. *Journal of Tropical Marine Science*, 1(September), 27–32. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v1i1.654>
- Hwang, S. J., Lee, Y. J., Kim, M. S., & Kim, B. H. (2021). Filter feeding and carbon and nitrogen assimilation of a freshwater bivalve (*Unio douglasiae*) on a toxic cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*). *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/app11199294>
- I Patty, S., & Akbar, N. (2019). Sebaran Horizontal Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Pantai Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(1), 13–21. <https://doi.org/10.33387/jikk.v2i1.1191>
- Indramawan, T., & Manan, A. (2011). Pemantauan Lingkungan Estuaria Perancak Berdasarkan Sebaran Makrobenthos. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 3(2), 215–220.
- Irawan, S., Fahmi, R., Roziqin, A., Studi, P., Geomatika, T., & Batam, P. N. (2018). Kondisi Hidro-Oseanografi (Pasang Surut , Arus Laut , Dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan*, 11(1), 56–68.

- Isman, M. U. H. (2016). *HUBUNGAN MAKROZOOBENTOS DENGAN BAHAN ORGANIK TOTAL (BOT) PADA EKOSISTEM MANGROVE DI KELURAHAN AMPALAS KEC. MAMUJU KAB. MAMUJU SULAWESI BARAT*. Universitas Hasanuddin.
- Jiyah, J., Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2017). Studi Distribusi Total Suspended Solid (Tss) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41–47.
- Jubaedah, S., Wulandari, S. Y., Zainuri, M., Maslukah, L., & Haryo, D. (2021). Pola Sebaran Bahan Organik di Perairan Muara Sungai Jajar , Demak , Jawa Tengah. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*, 03(03), 7–13.
- Meisaroh, Y., Restu, I. W., & Pebriani, D. A. A. (2018). Struktur Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Indikator Kualitas Perairan di Pantai Serangan Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i01.p05>
- Mubarak, A. S., Satyari, D. A., & Kusdarwati, R. (2010). Korelasi antara Konsentrasi Oksigen Terlarut pada Kepadatan yang Berbeda dengan Skoring Warna Daphnia spp. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 45–50.
- Muflih, A. (2013). SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PRODUK PERIKANAN. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 4(2), 99–104.
- Mulida Hayati. (2018). PERLINDUNGAN HUKUM BAGI MASYARAKAT

TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN AKIBAT BUDIDAYA BURUNG WALET. *Jurnal Penelitian Hukum*, 27(1), 38.

Mustofa, A. (2015). *Kandungan nitrat dan pospat sebagai faktor tingkat kesuburan perairan pantai*. 6(1), 13–19.

Mustofa, A. (2018). Pengaruh Total Padatan Tersuspensi Terhadap Biodiversitas Makrozoobentos di Pantai Telukaur Kabupaten Jepara. *Jurnal DISPROTEK*, 9(1), 37–45.

Najah, S., Haeruddin, & Rahman, A. (2020). Hubungan Zat Hara (HNO - dan HPO -) pada Sedimen terhadap Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Kaligarang, Semarang. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 9(1), 31–39.

Nugroho, A. R., Akhwady, R., Metakaryanto, D., & Yahya, F. (2016). Studi Model Distribusi Pencemaran di Pantai Utara Jawa Tengah Menggunakan Model MIKE 21 ECOLab. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 8(2), 89–100. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol8.iss2.art3>

Nurmaliakasih, Y. ., Abdul, S., & Badrus, Z. (2017). Penyisihan bod dan cod limbah cair industri karet dengan sistem biofilter aerob dan plasma dielectric barrier dischare (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 14. https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Penyisihan+bod+dan+cod+limbah+cair+industri+karet+dengan+sistem+biofilter+aerob+dan+plasma+dielectric+barrier+dischare+%28DBD%29&btnG=

- Nyabakken, J. . (1992). *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia.
- Oktaviani, A., Yusuf, M., & Maslukah, L. (2015). SEBARAN KONSENTRASI NITRAT DAN FOSFAT DI PERAIRAN MUARA SUNGAI BANJIR KANAL BARAT , SEMARANG. *Jurnal Oseanografi*, 4, 85–92.
- Pelealu, G. V. E., Koneri, R., & Butarbutar, R. R. (2018). Kelimpahan Dan Keanekaragaman Makrozoobentos Di Sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 18(2), 97. <https://doi.org/10.35799/jis.18.2.2018.21158>
- Permadi, L. C., Indrayanti, E., & Rochaddi, B. (2015). STUDI ARUS PADA PERAIRAN LAUT DI SEKITAR PLTU SUMURADEM KABUPATEN INDRAMAYU, PROVINSI JAWA BARAT. *Jurnal Oseanografi*, 4(2), 516–523.
- Piranto, D., Riyantini, I., A, M. U. K., & Prihadi, D. J. (2019). KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN PENGARUHNYA TERHADAP KELIMPAHAN GASTROPODA PADA EKOSISTEM MANGROVE DI PULAU PRAMUKA. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, X(1), 20–28.
- Pratiwi, N. I. (2017). Penggunaan Media Video Call dalam Teknologi Komunikasi. *Jurnal Ilmiah Dinamika Sosial*, 1(2), 202–224.
- Prihadi, T. H., & Rohmah, N. N. (2007). *Analisis Kadar Phosfat dan N-Nitrogen (Amonia , Nitrat , Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur*

Lapindo di Sidoarjo , Jawa Timur. 8.

Putri, W. A. E. (2008). Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau (Muara Padang) Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Sains, 11(2)*, 511–519.

Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, ., Agustriani, F., & Suteja, Y. (2019). Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat Dan Bod Di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 11(1)*, 65–74. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>

Rabiah, Kardhinata, E. H., & Karim, A. (2017). REHABILITASI MANGROVE DAN MANGROVE ALAMI DI KAMPUNG NIPAH KABUPATEN SERDANG BEDAGAI SUMATERA UTARA. *BioLink, 3(2)*, 125–141.

Rigitta, T. M. A., Maslukah, L., & Yusuf, M. (2015). SEBARAN FOSFAT DAN NITRAT DI PERAIRAN MORODEMAK, KABUPATEN DEMAK. *Jurnal Oseana, 4(2)*, 415–422.

Rumanti, M., Rudiyaniti, S., & Nitisupardjo, M. (2014). Hubungan Antara Kandungan Nitrat Dan Fosfat Dengan Kelimpahan Fitoplankton Di Sungai Brengi Kabupaten Pekalongan. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES), 3(1)*, 168–176. <https://doi.org/10.14710/marj.v3i1.4434>

Rustiah, W., Noor, A., Maming, Lukman, M., Baharuddin, A., & Fitriyah, T. (2019). Distribution Analysis of Nitrate and Phosphate in Coastal Area: Evidence from Pangkep River, South Sulawesi. *International Journal of*

Agriculture System, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.20956/ijas.v7i1.1835>

Sabar, M. (2016). Biodiversitas dan adaptasi makrozoobentos di perairan mangrove. *Bioedukasi*, 4(2), 529–539.

Sahubawa, L. (2001). Dampak Pembuangan Limbah Terhadap Perubahan Kualitas Oseanografi Biofisik-Kimia dan Produksi Ikan Teri (*Stolenphorus* spp.) di Perairan Laut Teluk Ambon. *Manusia Dan Lingkungan*, VIII(1), 15–29.

Sahubawa, L. (2008). Analysis and prediction of plywood industry liquid waste pollution impact at PT Jati Dharmo Indah and their effects Toward the quality of territorial seawater. *J. Manusia Dan Lingkungan*, 15(2), 70–78.

Semiring, S. M., Melki, & Agustriani, F. (2012). Kualitas Perairan Muara Sungsang ditinjau dari Konsentrasi Bahan Organik pada Kondisi Pasang Surut. *Maspari Journal*, 4(2), 238–247.

Setyorini, H. B., & Maria, E. (2019). Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Pantai Jungwok, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 13(1), 87–93.
<https://doi.org/10.33019/akuatik.v13i1.1201>

Simamora, L. (2017). Keanekaragaman Makrozoobentos Dan Hubungannya Dengan Faktor Fisik-Kimia Air Di Sungai Lau Biang, Kabupaten Karo. *Skripsi*.

- Simanjutak, N., Rifardi, & Tanjung, A. (2020). Hubungan Karakteristik Sedimen dan Bahan Organik Sedimen dengan Kelimpahan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanjung Balai Asahan Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 25(1), 6–17.
- Siswanto, A. D., & Romadhon, A. (2016). KARAKTERISTIK DAN PENGARUH ARUS TERHADAP AKUMULASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA SEDIMEN. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan, Putri 2014*, 82–88.
- Soto, E., Quiroga, E., Ganga, B., & Alarcón, G. (2017). Influence of organic matter inputs and grain size on soft-bottom macrobenthic biodiversity in the upwelling ecosystem of central Chile. *Marine Biodiversity*, 47(2), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0479-0>
- Sudarto. (2011). *PEMANFAATAN DAN PENGEMBANGAN ENERGI ANGIN UNTUK PROSES PRODUKSI GARAM DI KAWASAN TIMUR INDONESIA*. 7(2).
- Sugianti, B., Enjang, H. H., Arta, A. P., Retnoningsih, S., Anggraeni, Y., & Lafi, L. (2014). DAFTAR MOLLUSCA YANG BERPOTENSI SEBAGAI SPESIES ASING INVASIF DI INDONESIA. *Jurnal Kementrian Kelautan Dan Perikanan*, 1–31.
- Supriyantini, E., Nuraini, R. A. T., & Fadmawati, A. P. (2017). Studi Kandungan Bahan Organik Pada Beberapa Muara Sungai Di Kawasan Ekosistem

Mangrove, Di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah.
Buletin Oseanografi Marina, 6(1), 29.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v6i1.15739>

Törnqvist, L., Vartia, P., & Vartia, Y. (1985). Bagaimana Seharusnya Perubahan Relatif Diukur? *Ahli Statistik Amerika*, 39(1), 43–46.

Ukas. (2013). Analisis Pengelolaan Pencemaran Lingkungan Hidup Di Perairan Kepulauan Riau. *Jurnal Cahaya Keadilan*, 53(9), 1689–1699.

Ulum, M., & Khomsin. (2013). PERBANDINGAN AKURASI PREDIKSI PASANG SURUT ANTARA METODE ADMIRALTY DAN METODE LEAST SQUARE. *Journal of Geodsy and Geomatics*, 9(1), 65–72.

Wibowo, M., & Rachman, R. A. (2020). Kajian Kualitas Perairan Laut Sekitar Muara Sungai Jelitik Kecamatan Sungailiat - Kabupaten Bangka. *Jurnal Presipitasi*, 17(1), 29–37.

Winnarsih, Emiyarti, & Afu, L. O. A. (2016). DISTRIBUSI TOTAL SUSPENDED SOLID PERMUKAAN DI PERAIRAN TELUK KENDARI. *Sapa Laut*, 1(2), 54–59.

Woelansari, E., Mahmiah, & Widagdo, S. (2017). DISTRIBUSI FOSFAT (PO₄-) DAN OKSIGEN TERLARUT DI PERAIRAN PANTAI TIMUR SURABAYA. *Seminar Nasional Kelautan XII, 2014*, 94–101.

Yatul Sidik, R., Dewiyanti, I., & Octavina, C. (2016). Struktur Komunitas

Makrozoobentos Dibeberapa Muara Sungai Kecamatan Susoh Kabupaten Aceh Barat Daya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 1(2), 287–296.

Yudha, G. A., Suryono, C. A., & Santoso, A. (2020). Hubungan antara Jenis Sedimen Pasir dan Kandungan Bahan Organik di Pantai Kartini, Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(4), 423–430.

Yulis, P. R. Y., Desti, & Febliza, A. (2018). Analisa kadar DO, BOD dan COD air sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin. *Jurnal Bioterdidik*, 113, 64–75.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A