

ANALISIS POLA SIRKULASI LAUT DAN PENGARUHNYA TERHADAP DISTRIBUSI KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK DI SEDIMEN LAUT NATUNA

DODI FAN HALEN SIREGAR



**PROGRAM MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Pola Sirkulasi Laut dan Pengaruhnya Terhadap Distribusi Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Laut Natuna” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada IPB University.

Bogor, Januari 2026

Dodi Fanhalen Siregar
C5501231033



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

DODI FANHALEN SIREGAR. Analisis Pola Sirkulasi Laut dan Pengaruh Terhadap Distribusi Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Laut Natuna. Dibimbing oleh AGUS SALEH ATMADIPOERA, ARIO DAMAR, dan YULIANTO SUTEJA.

Sirkulasi laut memiliki peran penting dalam mengontrol pergerakan dan akumulasi partikel di lingkungan perairan, termasuk mikroplastik. Aktivitas antropogenik seperti perikanan, pelayaran, dan pembuangan limbah dari daratan berpotensi menjadi sumber utama masuknya partikel plastik ke laut. Mikroplastik yang berasal dari berbagai aktivitas manusia tersebut dapat terbawa arus laut dan mengendap di dasar laut, sehingga memengaruhi kondisi ekosistem sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola sirkulasi laut di perairan Natuna bagian dasar melalui pendekatan pemodelan numerik, menentukan kelimpahan, persebaran, serta karakteristik mikroplastik berdasarkan bentuk, ukuran, dan warna, serta menganalisis hubungan antara pola arus dengan distribusi dan karakteristik mikroplastik pada sedimen Laut Natuna. Sampel yang didapat adalah sedimen Laut Natuna pada bulan Maret 2024. Tahapan penelitian ini meliputi analisis pola sirkulasi arus laut dan ekstraksi mikroplastik meliputi identifikasi mikroplastik baik bentuk, ukuran dan warna. Ekstraksi mikroplastik dilakukan dengan penambahan ZNCL_2 dan dilanjutkan dengan H_2O_2 30% air Aquades. Kualiti kontrol dilakukan untuk meminimalisir kontaminasi di lapangan dan di laboratorium. Adapun hasil identifikasi mikroplastik dengan menggunakan mikroskop yaitu sebanyak 258 partikel terduga mikroplastik dengan bentuk Fragment, Fiber, dan Film; dengan warna : yaitu warna biru, warna hitam, warna kuning, warna putih (silver), bening, dan warna merah serta 4 kelas ukuran yaitu $<300 \mu\text{m}$, $300-500 \mu\text{m}$, $500-1000 \mu\text{m}$, $>1000 \mu\text{m}$. Polietilena (PE), Polipropilena (PP), dan Polistirena (PS) merupakan 3 jenis polimer yang di temukan pada penelitian ini. Hasil uji PCA menunjukkan bahwa kecepatan arus laut (CS) memiliki hubungan yang erat dengan keberadaan mikroplastik jenis fiber berukuran kecil ($<500 \mu\text{m}$) dan berwarna merah, kuning, serta putih. Arah panah pada grafik PCA yang saling berdekatan menunjukkan korelasi positif di antara variabel-variabel tersebut, mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan arus cenderung disertai dengan peningkatan konsentrasi mikroplastik fiber berukuran kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa dinamika fisik laut, khususnya kecepatan arus, memainkan peran penting dalam transportasi dan distribusi spasial mikroplastik di lingkungan laut, terutama untuk partikel-partikel ringan dan mudah tersuspensi seperti fiber.

Kata kunci: Mikroplastik, Laut Natuna, Sirkulasi laut, Sedimen



SUMMARY

DODI FANHALEN SIREGAR. Analysis of Ocean Circulation Patterns and Their Influence on the Distribution of Microplastic Characteristics in Natuna Sea Sediments. Supervised by AGUS SALEH ATMADIPOERA, ARIO DAMAR, and YULIANTO SUTEJA.

Ocean circulation plays an important role in controlling the movement and accumulation of particles in aquatic environments, including microplastics. Anthropogenic activities such as fishing, shipping, and waste disposal from land have the potential to be major sources of plastic particles entering the ocean. Microplastics originating from various human activities can be carried by ocean currents and settle on the seafloor, thereby affecting the condition of sediment ecosystems. This study aims to analyze ocean circulation patterns in the bottom waters of Natuna through a numerical modeling approach, determine the abundance, distribution, and characteristics of microplastics based on shape, size, and color, and analyze the relationship between current patterns and the distribution and characteristics of microplastics in Natuna Sea sediments. The samples obtained were sediments from the Natuna Sea in March 2024. The stages of this research included analysis of ocean current circulation patterns and microplastic extraction, including identification of microplastics by shape, size, and color. Microplastic extraction was carried out by adding ZNCL_2 and followed by 30% H_2O_2 in distilled water. Quality control was performed to minimize contamination in the field and in the laboratory. The results of microplastic identification using a microscope showed 258 suspected microplastic particles in the form of fragments, fibers, and films; with colors: blue, black, yellow, white (silver), clear, and red, as well as 4 size classes, namely $<300 \mu\text{m}$, $300\text{-}500 \mu\text{m}$, $500\text{-}1000 \mu\text{m}$, $>1000 \mu\text{m}$. Polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polystyrene (PS) were the three types of polymers found in this study. The PCA test results showed that ocean current speed (CS) was closely related to the presence of small ($<500 \mu\text{m}$) red, yellow, and white fiber-type microplastics. The arrows on the PCA graph that are close to each other indicate a positive correlation between these variables, suggesting that an increase in current velocity tends to be accompanied by an increase in the concentration of small fiber microplastics. These findings show that physical ocean dynamics, particularly current velocity, play an important role in the transport and spatial distribution of microplastics in the marine environment, especially for light and easily suspended particles such as fibers.

Keywords: Ocean circulation, Microplastics, Natuna Sea, Sediment



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



ANALISIS POLA SIRKULASI LAUT DAN PENGARUHNYA TERHADAP DISTRIBUSI KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK DI SEDIMEN LAUT NATUNA

DODI FAN HALEN SIREGAR

Tesis

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Magister pada

Program studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM MAGISTER ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Ir. Tri Prartono, M.Sc
2. Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si

Judul Tesis : Analisis Pola Sirkulasi Laut dan Pengaruhnya Terhadap Distribusi Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Laut Natuna
Nama : Dodi Fanhalen Siregar
NIM : C5501231033

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Agus Saleh Atmadipoera, DESS



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Yulianto Suteja, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Neviaty Putri Zammani, M.Sc
NIP. 196410141988032001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 196307311988031002

Tanggal Ujian: 12-Desember-2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang akan dilaksanakan selama 4 bulan ini ialah analisis sirkulasi laut dasar, dengan judul “Analisis Pola Sirkulasi Laut dan Pengaruhnya terhadap Distribusi Karakteristik Mikroplastik di Sedimen Laut Natuna”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, DESS. Selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingan, saran, dan masukkan selama proses penelitian hingga penulisan skripsi selesai.
2. Prof. Dr. Ir. Ario Damar, M.Si. Selaku dosen pembimbing II, atas segala bimbingan, saran, dan masukkan selama proses penelitian hingga penulisan skripsi selesai.
3. Dr. Ir. Yulianto Suteja, M.Si. Selaku dosen pembimbing III, atas segala bimbingan, saran, dan masukkan selama proses penelitian hingga penulisan skripsi selesai.
4. Pusat Studi Sumber Daya Pesisir dan Laut (PKSPL) dalam kegiatan pengambilan sampel sedimen selama pelayaran laut dan kegiatan penelitian ini.
5. LPDP (Lembaga Pengelola Pendidikan Indonesia) yang telah membiayai seluruh kebutuhan saya baik material dan non material selama kuliah S2.
6. Orang tua penulis, Bapak Mukti dan Ibu Samsinur Harahap serta adik penulis, Nur Holila Siregar, Mikrot Siregar dan Karim Siregar yang selalu memberikan dukungan dan doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
7. Alfu Lailiatur Rohmah yang begitu spesial untuk saya dan sudah banyak membantu dalam mengerjakan tesis ini dengan baik.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2026

Dodi Fanhalen Siregar



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kerangka Pemikiran	2
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
II. METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat	5
2.2 Prosedur Penelitian	5
2.2.1 Analisis Pola Sirkulasi Laut Natuna Dekat Dasar	5
2.2.2 Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik	7
2.2.3 Analisis Hubungan Sirkulasi Arus Dengan Karakteristik Mikroplastik	11
III. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Validasi Data	13
3.2 Karakteristik Sirkulasi Arus di Laut Natuna	15
3.2.1 Profil Arus di Laut Natuna pada Kedalaman 50-90 m	15
3.2.2 Pola Sirkulasi Arus dan Sebaran Spasial Suhu di Laut Natuna	16
3.2.3 Pola Sirkulasi Arus pada Bulan Maret-April 2024	21
3.3 Total Kelimpahan Mikroplastik	22
3.4 Karakteristik Mikroplastik	24
3.4.1 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Bentuk	24
3.4.2 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Ukuran	26
3.4.3 Kelimpahan Mikroplastik Berdasarkan Warna	27
3.4.4 Persebaran Mikroplastik di Laut Natuna	29
3.4.5 Tipe Polimer Mikroplastik	30
3.5 Analisis Koherensi Sirkulasi Arus dengan Karakteristik Mikroplastik	33
IV. KESIMPULAN DAN SARAN	36
4.1 Kesimpulan	36
4.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP	51

DAFTAR TABEL

1. Parameter yang dianalisis dalam studi beserta spesifikasinya	6
2. Alat yang digunakan untuk analisis mikroplastik	7
3. Bahan yang digunakan untuk analisis mikroplastik	8
4. Parameter yang dianalisis dalam studi beserta spesifikasinya	8
5. Pembagian mikroplastik berdasarkan tipe, warna dan ukuran.	10
6. Kelimpahan mikroplastik disetiap stasiun	23

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram alur penelitian mikroplastik di Perairan Natuna	3
2. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen di perairan Laut Natuna	5
3. Plot validasi data salinitas dan suhu model dan observasi pada bulan Maret dan April 2024	13
4. Diagram taylor salinitas dan suhu pada bulan Maret 2024 di perairan Laut Natuna	14
5. Profil vertikal sirkulasi arus meridional dan zonal di Laut Natuna pada kedalaman 50-90 meter pada bulan Maret 2024	16
6. Sebaran spasial suhu dengan pola sirkulasi arus pada tahun 2015-2024 di perairan Laut Natuna	17
7. Pola arus laut dasar dan sebaran suhu di perairan Laut Natuna pada Maret dan April	21
8. Jenis mikroplastik a) fragment, b) film, c) fiber	24
9. Sebaran mikroplastik berdasarkan bentuk di sedimen perairan Laut Natuna	25
10. Sebaran mikroplastik berdasarkan ukuran di sedimen perairan Laut Natuna	27
11. Sebaran mikroplastik berdasarkan warna di sedimen perairan Laut Natuna	28
12. Karakteristik polimer mikroplastik Stasiun 4 pada sedimen di perairan Laut Natuna	31
13. Karakteristik polimer mikroplastik Stasiun 13 pada sedimen di perairan Laut Natuna	31
14. Karakteristik polimer mikroplastik Stasiun 15 pada sedimen di perairan Laut Natuna	32
15. Hasil analisis koherensi arus dengan karakteristik mikroplastik menggunakan uji PCA	34

DAFTAR LAMPIRAN

1. Pengayakan sedimen kering dengan ayakan mesh 5 mm	47
2. Penimbangan ZNCL_2 yang akan dilarutkan dengan air aquades	47
3. Pengadukan sampel sedimen dengan larutan ZNCL_2	47
4. Penyaringan larutan H_2O_2 dengan menggunakan vacum pump	48
5. Identifikasi polimer mikroplastik dengan menggunakan raman	48
6. Data kecepatan arus pada 8 stasiun di Laut Natuna	49
7. Pengambilan sampel dan penurunan CTD di Laut Natuna	49
8. Koordinat, kedalaman dan jarak dari daratan	50
9. Variansi dari hasil (<i>principle component analysis</i>) PCA	50

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University