

**DINAMIKA MUSIMAN
SEBARAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS)
DAN ANALISIS RISIKO TERHADAP HABITAT
TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT MADURA**

ALI MAS'UD DWI CAHYO



**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR DAN LAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 
- IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dinamika Musiman Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) dan Analisis Risiko Terhadap Habitat Terumbu Karang di Perairan Selat Madura” adalah karya saya dengan arahan dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau kutipan dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebut 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, Juli 2024

Ali Mas’ud Dwi Cahyo
C2502202022

- 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.



IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 
- IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —

RINGKASAN

ALI MAS'UD DWI CAHYO. Dinamika Musiman Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) dan Analisis Risiko Terhadap Habitat Terumbu Karang di Perairan Selat Madura. Dibimbing oleh ARIO DAMAR dan FERY KURNIAWAN.

Perairan Selat Madura memiliki potensial sumberdaya habitat mangrove, lamun dan terumbu karang. Kondisi habitat di perairan Selat Madura saat ini mulai menurun. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan kualitas habitat yaitu pencemaran perairan. Siklus air memungkinkan *total suspended solid* (TSS) masuk ke perairan dan dengan bantuan arus TSS dapat tersebar ke berbagai area. TSS ini dapat berbahaya bagi habitat karang karena penutupan sedimen pada karang selama 1-14 hari dapat menyebabkan kematian sel. Peristiwa ini menjadi prioritas untuk mengetahui sumber dan distribusi TSS untuk memperkirakan risiko yang ditimbulkan oleh TSS pada habitat karang. Penelitian ini bertujuan untuk (1) memetakan konsentrasi nilai TSS dan distributor beban TSS di Selat Madura dalam berbagai musim; (2) menganalisis dinamika sebaran TSS musiman perairan di Selat Madura; (3) menganalisis risiko habitat terumbu karang terhadap pengaruh TSS dan strategi pengelolaan untuk menurunkan status risiko habitat terumbu karang terhadap pengaruh TSS.

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2022 dan bulan Februari 2023. Pengumpulan data terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan pengambilan sampel air di Sungai Blega, Sungai Kemuning, Sungai Saroka, Sungai Surabaya, Sungai Porong, Sungai Kramat dan Sungai Sampean. Pengukuran TSS dilakukan di laboratorium dengan prinsip gravimetri sesuai Badan Standardisasi Nasional (2004). Data pengukuran TSS digunakan untuk menghitung beban TSS yang masuk ke perairan menggunakan metode dari Rahayu *et al.* (2018), sehingga dapat diketahui distributor beban TSS di perairan Selat Madura. Data sekunder menggunakan citra satelit Landsat-8 kemudian dilakukan pengkoreksian geometrik dan radiometrik, setelah itu dilakukan deteksi sebaran TSS menggunakan algoritma Laili *et al.* (2015). Data deteksi sebaran TSS dengan model Laili *et al.* (2015) dikoreksi dan divalidasi dengan data pengukuran lapangan akan menghasilkan model deteksi yang baru dan model ini digunakan untuk deteksi TSS dengan citra 10 tahun. Data deteksi citra dengan model baru di uji statistik dengan menggunakan indeks moran untuk melihat pola dan dinamika (Wuryandari *et al.* 2014). Data citra satelit yang telah terkoreksi radiometrik dilakukan koreksi atenuasi air dengan algoritma Lyzenga (1978), kemudian dilakukan analisis *unsupervised* dengan melihat nilai histogram untuk membangun kelas klasifikasi data substrat dasar perairan dan validasi dengan data yang didapat Allen Coral Atlas untuk mengetahui keberadaan habitat. Data sebaran TSS dikomposisi jadi 1 dan di overlay dengan data sebaran spasial habitat terumbu karang dan dilakukan pemodelan *habitat risk assessment* (HRA) dengan penilaian indikator menurut Arkema *et al.* (2014). Model risiko ini digunakan untuk merancang strategi agar tidak terjadi risiko yang tinggi terhadap habitat terumbu karang.

Hasil pengukuran konsentrasi rerata TSS tertinggi di musim kemarau berada di Sungai Blega sebesar 24,67 mg/L, sedangkan terendah di Sungai Kramat sebesar 5,33 mg/L. Konsentrasi rerata TSS tertinggi di musim penghujan berada di Sungai

Saroka dengan nilai sebesar 40,67 mg/L, sedangkan terendah di Sungai Kramat dan Sampean sebesar 4,33 mg/L. Distributor beban TSS tertinggi yaitu di Sungai Porong sebesar 1080 ton/tahun dan distributor beban terkecil di Sungai Saroka sebesar 5,8 ton/tahun. Deteksi distribusi TSS menggunakan algoritma Laili *et al.* (2015) yang dikoreksi dan divalidasi dengan data lapangan memiliki hubungan yang kuat, dari uji validasi ini diperoleh model baru yang dapat digunakan sebagai data training. Hasil pola persebaran data dari model deteksi yang baru dalam uji indeks moran menunjukkan terdapat autokorelasi positif yaitu sebaran data berupa *clustered* artinya nilai variabel serupa atau mengelompok. Deteksi sebaran spasial habitat terumbu karang berada di Pulau Mandangin, Pulau Gili Raja, Pulau Gili Genting, Pulau Gili Ketapang dan pesisir Situbondo. Data persebaran TSS di overlay dengan habitat terumbu karang dalam model *Habitat Risk Assessment* (HRA). Status risiko habitat terumbu karang di Selat Madura memiliki 3 kelas yaitu risiko rendah seluas 1645,67 ha, risiko sedang seluas 755,49 ha dan risiko tinggi seluas 893,35 ha. Pengelolaan yang bisa dilakukan yaitu mengatur jumlah maksimal TSS masuk ke perairan untuk menurunkan status risiko tinggi sehingga mayoritas habitat terumbu karang berstatus risiko rendah. Menjaga konsentrasi TSS yang masuk ke perairan tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan penting untuk menjaga kondisi terumbu karang dari faktor pencemaran TSS.

Kata kunci: *Total Suspended Solid* (TSS), Penginderaan Jauh, Algoritma TSS, Selat Madura, Risiko Habitat Terumbu Karang

SUMMARY

ALI MAS'UD DWI CAHYO. Seasonal Dynamics of Total Suspended Solid (TSS) Distribution and Risk Analysis to Coral Reef Habitat in Madura Strait Waters. Supervised by ARIO DAMAR and FERY KURNIAWAN.

The Madura Strait waters have potential resources for mangrove, seagrass, and coral reef habitats. Habitat conditions in the Madura Strait waters are currently declining. One of the factors that cause a decrease in habitat quality is water pollution. The water cycle allows suspended solids (TSS) to enter the water, and with the help of currents, TSS can be spread to various areas. This TSS can be dangerous for coral habitats because sediment cover on corals for 1-14 days can cause cell death. These events make it a priority to know the source and distribution of TSS to estimate the risk posed by TSS on coral habitats. This study aims to (1) map the concentration of total suspended solids (TSS) values and TSS load distributors in the Madura Strait in various seasons; (2) analyze the dynamics of seasonal TSS distribution of waters in the Madura Strait; (3) analyze the risk of coral reef habitat to the influence of TSS and management strategies to reduce the risk status of coral reef habitat to the influence of TSS.

The research was conducted in August 2022 and February 2023. Data collection consisted of primary and secondary data. Primary data was obtained by taking water samples from the Blega River, Kemuning River, Saroka River, Surabaya River, Porong River, Kramat River, and Sampean River. TSS measurements were carried out in the laboratory using gravimetric principles according to the National Standardization Agency (2004). TSS measurement data was used to calculate the TSS load entering the waters using the method from Rahayu *et al.* (2018) so that the distributor of TSS load in the Madura Strait waters can be known. Secondary data using Landsat-8 satellite imagery was then geometric and radiometric correction, after which TSS distribution detection was carried out using the algorithm of Laili *et al.* (2015). TSS distribution detection data with the Laili *et al.* model. (2015) model was corrected and validated with field measurement data to produce a new detection model, and this model was used for TSS detection with ten years of imagery. Image detection data with the latest model was statistically tested using the Moran index to see patterns and dynamics (Wuryandari *et al.* 2014). Radiometrically corrected satellite image data were corrected for water attenuation using the Lyzenga (1978) algorithm. An unsupervised analysis was conducted by looking at histogram values to build classification classes for water bottom substrate data and validation with the Allen Coral Atlas data to determine the presence of habitat. TSS distribution data was composited into one and overlaid with data on the spatial distribution of coral reef habitats, and habitat risk assessment (HRA) modeling was carried out with an evaluation of indicators according to Arkema *et al.* (2014). This risk model designs strategies to avoid high risks to coral reef habitats.

The highest average TSS concentration in the dry season was measured in Blega River at 24,67 mg/L, while the lowest was in Kramat River at 5,33 mg/L.

The highest average TSS concentration in the rainy season was in the Saroka River, with a value of 40,67 mg/L, while the lowest in the Kramat and Sampean Rivers was 4,33 mg/L. The highest TSS load distributor is in Porong River at 1080 tons/year, and the most minor load distributor is in Saroka River at 5,8 tons/year. TSS distribution detection using the algorithm of Laili *et al.* (2015) that is corrected and validated with field data has a strong relationship; from this validation test, a new model can be used as training data. The results of the data distribution pattern of the latest detection model in the Moran index test show positive autocorrelation, so the data distribution is clustered, meaning that the variable values are similar or clustered. Detection of the spatial distribution of coral reef habitat is on Mandangin Island, Gili Raja Island, Gili Genting Island, Gili Ketapang Island, and the Situbondo coast. TSS distribution data were overlaid with coral reef habitat in the Habitat Risk Assessment (HRA) model. The risk status of coral reef habitat in Madura Strait has three classes: low risk of 1645,67 ha, medium risk of 755,49 ha, and high risk of 893,35 ha. Management that can be done is to regulate the maximum amount of TSS entering the waters to reduce the high-risk status so that the majority of coral reef habitats have a low-risk status. Keeping the concentration of TSS entering the seas and not exceeding the predetermined threshold is essential to maintaining the condition of coral reefs from TSS pollution factors.

Keywords: Total Suspended Solid (TSS), Remote Sensing, TSS Algorithm, Madura Strait, Habitat Risk Assessment (HRA).



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 2024

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.



IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 
- IPB University
— Bogor Indonesia —



IPB University
— Bogor Indonesia —

**DINAMIKA MUSIMAN
SEBARAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS)
DAN ANALISIS RISIKO TERHADAP HABITAT
TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT MADURA**

ALI MAS'UD DWI CAHYO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan

**PROGRAM MAGISTER
PENGELOLAAN SUMBERDAYA PESISIR DAN LAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik 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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis :

1. Dr. Syamsul Bahri Agus S.Pi., M.Si.
2. Dr. Ir. Zairion, M.Sc

Judul Tesis : Dinamika Musiman Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) dan Analisis Risiko Terhadap Habitat Terumbu Karang di Perairan Selat Madura

Nama : Ali Mas'ud Dwi Cahyo

Nim : C2502202022

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Ario Damar M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Fery Kurniawan, S.Kel, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan:

Dr. Ir. Zairion, M.Sc.
NIP 196407031991031003



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



Tanggal Ujian : 8 Juli 2024

Tanggal Lulus:



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 dilaksanakan sejak bulan Agustus 2022 sampai bulan Februari 2023 ini ialah pengaruh dinamika *total suspended solid* (TSS) terhadap habitat terumbu karang, dengan judul “Dinamika Musiman Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) dan Analisis Risiko Terhadap Habitat Terumbu Karang di Perairan Selat Madura”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Ario Damar M.Si. dan Dr. Fery Kurniawan, S.Kel, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan sidang dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, kakak, seluruh keluarga, dan teman terdekat yang telah memberikan dukungan, doa, serta kasih sayangnya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Ali Mas'ud Dwi Cahyo

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
II METODE PENELITIAN	6
2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	6
2.2 Pengumpulan Data	6
2.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian	7
2.4 Analisis Data	8
2.4.1 Persebaran Konsentrasi dan Distributor Beban <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) di Selat Madura dalam Berbagai Musim	8
2.4.2 Memetakan Dinamika Sebaran TSS Musiman Perairan di Selat Madura	9
2.4.3 Analisis Risiko Habitat Terumbu Karang Terhadap Pengaruh TSS dan Strategi Pengelolaan untuk Menurunkan Status Risiko Habitat Terumbu Karang Terhadap Pengaruh TSS	11
III HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	15
3.2 Total Beban Musiman	15
3.3 Validasi Hasil Pengelolaan Citra dengan Data Lapangan	16
3.4 Persebaran TSS di Perairan Selat Madura	17
3.5 Dinamika Persebaran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	19
3.6 Sebaran Spasial Klasifikasi Substrat Dasar di Perairan Selat Madura	24
3.7 Penilaian Kriteria <i>Habitat Risk Assessment</i> (HRA)	25
3.8 Status Risiko Habitat Terumbu Karang dengan Model <i>Habitat Risk Assessment</i> (HRA)	26
3.9 Strategi Pengelolaan Berbasis Risiko Habitat Terumbu Karang Terhadap Pengaruh TSS	27
IV KESIMPULAN DAN SARAN	32
4.1 Kesimpulan	32
4.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	69



@Hampusilpa University

DAFTAR TABEL

1.	Matriks ringkasan metode dan analisis data penelitian	7
2.	Waktu akuisi data citra satelit Landsat-8	11
3.	Kriteria penilaian indikator untuk <i>exposure</i> dan <i>consequence</i> (Arkema <i>et al.</i> 2014)	13
4.	Hasil pengukuran <i>total suspended solid</i> (TSS) (mg/L)	15
5.	Total beban <i>total suspended solid</i> (TSS) di Selat Madura	16
6.	Rata-rata sebaran TSS di Selat Madura pada musim kemarau	18
7.	Rata-rata sebaran TSS di Selat Madura pada musim hujan	19
8.	Autokorelasi sebaran TSS menggunakan indeks moran di musim kemarau	21
9.	Autokorelasi sebaran TSS menggunakan indeks moran di musim hujan	23
10.	Klasifikasi substrat dasar di perairan Selat Madura	25
11.	Hasil penilaian <i>exposure</i> dan <i>consequence</i> untuk analisis <i>habitat risk assessment</i> (HRA) (Arkema <i>et al.</i> 2014)	25
12.	Status risiko habitat terumbu karang di perairan Selat Madura	27
13.	Nilai maksimal konsentrasi TSS agar risiko kelas risiko tinggi hilang	28
14.	Hasil penilaian <i>exposure</i> dan <i>consequence</i> untuk analisis HRA jika kondisi lingkungan membaik dan dilakukan manajemen pengelolaan yang baik	29
15.	Status risiko habitat terumbu karang di perairan Selat Madura	30
16.	Persentase perubahan status risiko habitat terumbu karang di perairan Selat Madura	31

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1. Pola arus musim barat di perairan Selat Madura	1
2. Pola arus musim timur di perairan Selat Madura	2
3. Bagan alir penelitian	5
4. Lokasi penelitian dan stasiun pengamatan	6
5. Data curah hujan di wilayah Jawa Timur (NASA 2022 dan 2023)	7
6. Diagram konseptual yang menggambarkan bagaimana <i>exposure</i> dan <i>consequence</i> terhadap habitat (Arkema <i>et al.</i> 2014)	13
7. Rencana pengelolaan berdasarkan risiko	14
8. Uji validasi nilai TSS algoritma Laili <i>et al.</i> (2015) dengan TSS lapangan	17
9. Komposit persebaran TSS 10 tahun pada musim kemarau di perairan Selat Madura	18
10. Komposit persebaran TSS 10 tahun pada musim hujan di perairan Selat Madura	19
11. Tren persebaran TSS di musim kemarau	20
12. Curah hujan di musim kemarau (NASA)	20
13. Autokorelasi sebaran TSS menggunakan indeks moran pada rata-rata di musim kemarau	21
14. Tren persebaran TSS di musim hujan	22
15. Curah hujan di musim hujan (NASA)	22
16. Autokorelasi sebaran TSS menggunakan indeks moran pada rata-rata di musim hujan	23
17. Peta habitat terumbu karang. (a) di Pulau Mandangin, (b) di Pulau Gili Raja dan Gili Genting, (c) di Pulau Gili Ketapang dan (d) di pesisir Situbondo	24
18. Status risiko habitat terumbu karang terhadap pengaruh TSS. (a) di Pulau Mandangin, (b) di Pulau Gili Raja dan Gili Genting, (c) di Pulau Gili Ketapang dan (d) di pesisir Situbondo	26
19. Prediksi sebaran TSS sebagai acuan nilai maksimal yang diperbolehkan masuk ke perairan	27
20. Jenis terumbu karang yang memiliki toleransi terhadap TSS. (a) <i>Acropora pulchra</i> dan (b) <i>Acropora acuminata</i> (www.coralsoftheworld.org)	28
21. Jenis terumbu karang yang memiliki toleransi terhadap TSS. (a) <i>Acropora prolifera</i> dan (b) <i>Porites porosa</i> (www.coralsoftheworld.org)	29
22. Status risiko habitat terumbu karang terhadap pengaruh TSS. (a) di Pulau Mandangin, (b) di Pulau Gili Raja dan Gili Genting, (c) di Pulau Gili Ketapang dan (d) di pesisir Situbondo	30



DAFTAR LAMPIRAN

1. Citra satelit Landsat-8 sebagai sumber data	38
2. Komposit citra Landsat-8 <i>natural color</i> pada musim kemarau di perairan Selat Madura	39
3. Komposit citra Landsat-8 <i>natural color</i> pada musim hujan di perairan Selat Madura	44
4. Peta persebaran <i>total suspended solid</i> (TSS) musim kemarau di perairan Selat Madura	49
5. Peta persebaran <i>total suspended solid</i> (TSS) musim hujan di Selat Madura	54
6. Dinamika sebaran Tss dengan indeks moran di musim kemarau	59
7. Dinamika sebaran TSS dengan indeks moran di musim hujan	64