

**ESTIMASI TINGKAT KESUBURAN PERAIRAN BERDASARKAN  
KLOOROFIL-A DAN SUHU MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DI  
PULAU BANGKOBANGKOANG, KABUPATEN PANGKEP**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**HIJRAH PRATIWY. K**

**L011201038**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**ESTIMASI TINGKAT KESUBURAN PERAIRAN BERDASARKAN  
KLOOROFIL-A DAN SUHU MENGGUNAKAN CITRA SATELIT DI  
PULAU BANGKOBANGKOANG, KABUPATEN PANGKEP**

**HIJRAH PRATIWY. K**

**L011201038**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Ilmu  
Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Estimasi Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Klorofil-a dan Suhu  
Menggunakan Citra Satelit di Pulau Bangkobangkoang, Kabupaten Pangkep**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**HIJRAH PRATIWY. K**

**L011201038**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin pada tanggal Februari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing pendamping,



**Dr. Muhammad Anshar Amran, m.si**

NIP: 196402181992031000



**Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si**

NIP: 196901251993031000

Mengetahui  
Ketua Program Studi,



**Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud.**

NIP: 19690706 199512 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hijrah Pratiwy. K

NIM : L011201038

Program Studi: Ilmu Kelautan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis dengan judul:

**“Estimasi Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Klorofil-a dan Suhu Menggunakan Citra Satelit di Pulau Bangkobangkoang, Kabupaten Pangkep”**

Adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, Februari 2024

Yang menyatakan,



Hijrah Pratiwy. K

L011201038

## PERNYATAAN AUTORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hijrah Pratiwy. K

NIM : L011201038

Program Studi: Ilmu Kelautan

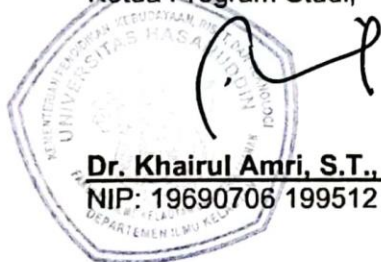
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi), saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 08 Februari 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi,



**Dr. Khairul Amri, S.T., M.Sc.Stud.**  
NIP: 19690706 199512 1 002

Penulis,



**Hijrah Pratiwy. K**  
NIM:L011201038

## ABSTRAK

**Hijrah pratiwy. K L011201038.** “Estimasi Tingkat kesuburan perairan berdasarkan klorofil-a dan suhu menggunakan citra satelit dipulau Bangkombangkoang, Kabupaten Pangkep” dibimbing oleh **Muhammad Anshar Amran** sebagai pembimbing utama dan **Rahmadi Tambaru** sebagai pembimbing anggota.

---

Klorofil-a merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan produktivitas primer, sebagai indikator untuk mengidentifikasi keberadaan fitoplankton di perairan. Pentingnya pengukuran klorofil-a dikarenakan kadar klorofil-a dapat memberikan indikasi tentang jumlah biomassa tumbuhan yang ada di dalam perairan. Suhu dapat memengaruhi fotosintesis fitoplankton baik secara langsung ataupun tidak langsung. Pulau Bangkombangkoang merupakan salah satu pulau yang terletak di gugusan Kepulauan Spermonde Desa Mattiro Ulung, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesuburan perairan berdasarkan kandungan klorofil-a dan suhu permukaan laut yang terdeteksi melalui citra satelit di Pulau Bangkombangkoang. Metode pengukuran suhu permukaan laut dan klorofil-a dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jauh melalui citra satelit seperti citra sentinel 2a dan citra landsat 8, serta melakukan pengukuran dan pengambilan sampel dilapangan untuk melakukan uji akurasi citra. hasil pengukuran klorofil-a didapatkan rata-rata sebesar 2.008592 (mg/l), sedangkan hasil dari data pengukuran dilapangan diperoleh rata-rata sebesar 1,826856(mg/l), hal ini menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a pada perairan Pulau Bangkombangkoang ini termasuk dalam kategori oligotrofik. Sebaran suhu dengan rata-rata 29,36°C pada pengukuran *ex situ* dan 29,37°C pada pengukuran *in situ*. Perairan Pulau Bangkombangkoang tergolong perairan dengan tingkat kesuburan yang rendah, dikarenakan konsentrasi klorofil-a di didapatkan rata-rata sebesar 2.008592 (mg/l), tergolong dalam tingkat kesuburan rendah (oligotrofik) dengan suhu yang optimum rata-rata 29,36°C serta intensitas cahaya dengan rata-rata 371.474,47 lux. Nilai korelasi klorofil-a dengan suhu sebesar 86% dan nilai korelasi klorofil-a dan intensitas cahaya sebesar 62%.

**Kata Kunci:** Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut, Citra Satelit, Kesuburan Perairan, Pulau Bangkombangkoang

## ABSTRACT

**Hijrah pratiwy. K L011201038.** "Estimating water fertility levels based on chlorophyll-a and temperature using satellite imagery on Bangkombangkoang Island, Pangkep Regency" supervised by **Muhammad Anshar Amran** as main supervisor and **Rahmadi Tambaru** as member supervisor.

---

*Chlorophyll-a is an important factor that can determine primary productivity, as an indicator for identifying the presence of phytoplankton in waters. The importance of measuring chlorophyll-a is because chlorophyll-a levels can provide an indication of the amount of plant biomass in the water. Temperature can affect phytoplankton photosynthesis either directly or indirectly. Bangkombangkoang Island is one of the islands located in the Spermonde Islands group, Mattiro Ulung Village, North Liukang Tupabbiring District, Pangkajene and Islands Regency, South Sulawesi, Indonesia. This research aims to identify the fertility level of waters based on chlorophyll-a content and sea surface temperature detected via satellite imagery on Bangkombangkoang Island. The method for measuring sea surface temperature and chlorophyll-a is carried out using remote sensing technology via satellite imagery such as sentinel 2a imagery and Landsat 8 imagery, as well as carrying out measurements and taking samples in the field to test image accuracy. The results of chlorophyll-a measurements obtained an average of 2.008592 (mg/l), while the results of field measurement data obtained an average of 1.826856 (mg/l), this shows that the chlorophyll-a content in the waters of Bangkombangkoang Island included in the oligotrophic category. Temperature distribution with an average of 29.36°C in ex situ measurements and 29.37°C in in situ measurements. The waters of Bangkombangkoang Island are classified as waters with a low level of fertility, because the chlorophyll-a concentration is found to be an average of 2.008592 (mg/l), classified as low fertility (oligotrophic) with an average optimum temperature of 29.36°C and light intensity with an average of 371,474.47 lux. The correlation value of chlorophyll-a with temperature is 86% and the correlation value of chlorophyll-a and light intensity is 62%.*

**Keywords:** Chlorophyll-a, Sea Surface Temperature, Satellite Imagery, Water Fertility, Bangkombangkoang Island.

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya dan tak lupa pula shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad saw. puji syukur atas nikmat pertolongan Allah kepada penulis sehingga penyusunan skripsi dengan judul “**Estimasi Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Klorofil-a dan Suhu Menggunakan Citra Satelit di Pulau Bangkobangkoang Kabupaten Pangkep**” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, informasi dan membawa suatu kebaikan bagi para pembacanya. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Melalui Skripsi ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dukungan, serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian skripsi dan semoga Allah SWT membalas segala budi baik, serta dapat menjadi suatu ibadah amal jariah. Ucapan ini penulis berikan:

1. Kepada kedua orangtua tercinta **Kaco’ dan Jumriani** sebagai tanda bakti dan rasa terima kasih yang tiada terhingga ku persembahkan karya kecil ini kepada ibu dan bapak yang telah memberikan kasih sayang, serta Do’a dan segala dukungan yang tiada terhingga dan hanya dapat penulis balas dengan selebar kertas ini yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Terimakasih untuk selalu berjuang walau tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun mampu mendidik, memotivasi dan memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Peneliti berharap dengan terselesaikannya skripsi ini, dapat menjadi bentuk penghormatan dan apresiasi atas segala perjuangan dan kasih sayang yang diberikan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan bapak bahagia. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi agar selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup penulis.
2. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, saudari kandung **Rasni** dan saudara ipar **Datnur, S.T., M.T.** Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi banyak dalam penulisan karya tulis ini, baik tenaga maupun waktu kepada penulis. Telah mendukung, memberikan semangat



dan motivasi untuk menyelesaikan laporan akhir ini. Semoga selalu diberkahi dan diberikan kesehatan.

3. Kepada seluruh keluarga besar atas doa yang tidak ada hentinya dalam mengiringi langkah penulis dan memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Kepada yang terhormat Bapak **Dr. Muhammad Anshar Amran, M.Si.** selaku pembimbing utama dan selaku penasehat akademik yang telah meluangkan waktu dan senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi mengenai proses perkuliahan, serta membagikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi ini. Terima kasih Bapak, semoga segala ilmu yang telah diberikan dapat menjadi suatu amal jariah.
5. Kepada yang terhormat Bapak **Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si.** selaku pembimbing pendamping yang selalu memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan dukungan serta senantiasa meluangkan waktu dan membagikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini. Terima kasih Bapak, semoga segala ilmu yang telah diberikan dapat menjadi suatu amal jariah.
6. Kepada yang terhormat Bapak **Dr. Wasir Samad, S.Si., M.Si** dan Bapak **Dr. Ir. M. Rijal Idrus, M.Sc** selaku penguji yang telah meluangkan waktu dan senantiasa memberi kritik, saran, bimbingan, dan arahan serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis hingga dapat terselesaikannya skripsi ini. Terima kasih Bapak, semoga segala ilmu yang telah diberikan dapat menjadi suatu amal jariah.
7. Kepada seluruh Dosen dan Staf Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu kepada penulis sejak menjadi mahasiswa baru hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Kepada kak **Fiqhy Hafsuri Pratiwi**, selaku staff administrasi Departemen Ilmu Kelautan. Terima kasih telah memberi bantuan kepada penulis demi kelancaran pengurusan berkas selama menempuh pendidikan.
9. Kepada tim lapangan "**Tim Sukses Bangkembangkoang**" (Mega Anugrah Darusman, Tasya Lailya Nabila Kholik, Muhammad Azhar Hidayat, Muhammad Adam As'ad, Jeki Saputra Gasong, Irman Ardy Pratama, Alva Alvi Nu'ma Hartono, Wa Ode Dita Purnama, Elis Elma Sari, Iis Maniya, Kresna Wibawa Kusuma, Rahmat Mulya Ramadhan, Juliana Dan Bella Puspita Sari) yang telah memberikan waktu dan tenaga membantu penulis dalam pengambilan data di lapangan.
10. Kepada sahabat "**Tololoabis**" (Haspa Hasman, Dismayanti, Syahnas Fadhila) yang senantiasa kebersamaian penulis di perantauan, mendukung, membantu dan memberi semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

11. Kepada yang tersayang teman seperjuangan “**Duyung Air Tawar**” ( Iis Maniya, Mega Anugrah Darusman, Wa Ode Dita Purnama dan Bella Puspita Sari) Terimakasih telah setia bersama-sama sejak awal perkuliahan, selalu ada memberi motivasi, dukungan berbagi suka duka, dan memberikan banyak kenangan kepada penulis, semoga perbedaan pendapat, saling keras kepala selama ini membuat kita suatu hari nanti merindukan masa-masa dibangku perkuliahan. Sesungguhnya cerita favorit masa perkuliahan penulis yaitu bersama kalian, selamat berjuang dan selamat mengejar gelar sarjana dan semoga sukses bersama.
12. Kepada sahabat tercinta saya **Haspa Hasman** yang selalu menemani dalam keadaan suka maupun duka, tak henti memberi dukungan dan selalu setia mendengar keluh kesah. Terimakasih karena sudah bersedia menemani dan mendukung penulis hingga saat ini.
13. Kepada sahabat terkasih saya **Iis Maniya** yang telah berjuang bersama sejak awal perkuliahan *online* di masa pandemi hingga sekarang dan tidak pernah bosan memberikan yang terbaik bagi kelancaran skripsi penulis.
14. Kepada kak **Helsa Fitra Patris, S.Pd.** yang selalu setia memberikan dukungan, motivasi, ilmu dan pengalaman yang berharga bagi penulis.
15. Kepada Teman-teman “**Ocean’20**” yang telah kebersamai dan menjadi keluarga baru di kehidupan perkuliahan ini. Terima kasih atas segala kenangan dan waktu yang telah dilalui sedari mahasiswa baru hingga kini.
16. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah disisi Allah SWT.

Semoga Allah SWT selalu memberikan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan hasil penelitian ini juga dapat bermanfaat untuk masyarakat khususnya masyarakat di lokasi penelitian. Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik serta saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan, sehingga ke depannya dapat menjadi acuan untuk dapat lebih baik lagi. Demikianlah kata pengantar ini dibuat, sekian dan terima kasih. Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 08 Februari 2024

Penulis

**Hijrah Pratiwy. k**

## BIODATA PENULIS



**Hijrah Pratiwy. K** lahir di Tangru pada tanggal 02 Januari 2002. Anak ke-enam dari pasangan Kaco' dan Jumriani. Penulis pertama kali menempuh pendidikan pada tahun 2007 di TK Aba Tangru, kemudian melanjutkan pendidikan di SDN Negeri 166 Tangru pada tahun 2009-2014. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 7 Anggeraja pada tahun 2014-2017. Kemudian melanjutkan pendidikan di UPT SMA Negeri 5 Enrekang dengan mengambil jurusan IPA pada tahun 2017-2020.

Pada tahun 2020 diterima sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama masa studi di Universitas Hasanuddin, penulis mendapatkan Beasiswa Unggulan dari Kemendikbud dari tahun 2021–2024. Penulis pernah mengikuti kegiatan akademik Program Kampus Merdeka Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia yaitu *Frontiers In Marine Science And Technology Course* di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2021. Penulis aktif di berbagai organisasi baik lingkup internal maupun eksternal kampus diantaranya, anggota KEMA JIK FIKP-UH pada tahun 2020 sampai sekarang, Badan pengurus Himpunan KEMA JIK FIKP-UH anggota Departemen Seni dan Olahraga periode 2022/2023, anggota Triangle Diving Club pada tahun 2021 sampai sekarang, Badan Pengurus Triangle Diving Club Kepala Departemen Science periode 2022-2023. Selain itu, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik Pengolahan Sampah Plastik di Kelurahan Macege, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan pada KKN Gelombang 109 pada tanggal 01 Januari hingga 6 Februari 2023.

Penulis melanjutkan penyusunan tugas akhir sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Kelautan dan berhasil menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul “Estimasi Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Klorofila-a dan Suhu Menggunakan Citra Satelit di Pulau Bangkobangkoang Kabupaten Pangkep” di bawah bimbingan Bapak Dr. Muhammad Anshar Amran, M.Si selaku pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si selaku pembimbing pendamping. Ucapan syukur dan alhamdulillah penulis karena dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik pada awal tahun 2024.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN AUTORSHIP .....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
BIODATA PENULIS.....	xi
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan .....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
A. Klorofil-a.....	3
1. Pengertian klorofil-a .....	3
2. Sumber klorofil- a .....	4
3. Faktor-faktor yang memengaruhi kadar klorofil-a diperairan....	5
4. Fungsi klorofil-a diperairan.....	7
B. Suhu permukaan laut .....	8
1. Pengertian suhu permukaan laut.....	8
2. Faktor yang memengaruhi suhu permukaan laut.....	9
3. Peranan suhu permukaan laut.....	10
4. Pentingnya peranan suhu dan klorofil -a terhadap kesuburan perairan .....	11
C. Pengindraan jauh.....	12

1.	Pengertian pengindraan jauh.....	12
2.	Citra sentinel.....	13
3.	Citra landsat.....	14
4.	Pemanfaatan pengindraan jauh untuk klorofil dan suhu permukaan laut.....	15
III.	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	17
A.	Lokasi dan waktu penelitian .....	17
B.	Alat dan bahan .....	17
C.	Prosedur kerja .....	19
D.	Analisis Data.....	22
IV.	<b>HASIL</b> .....	24
A.	Gambaran Umum Lokasi.....	24
B.	Klorofil-a.....	24
1.	Data <i>ex situ</i> klorofil-a.....	24
2.	Data <i>in situ</i> klorofil-a .....	25
C.	Suhu .....	26
D.	Intensitas cahaya.....	28
E.	Hubungan klorofil-a dengan suhu .....	29
F.	Hubungan klorofil-a dengan intensitas cahaya .....	29
V.	<b>PEMBAHASAN</b> .....	30
A.	Klorofil-a.....	30
B.	Suhu .....	31
C.	Hubungan klorofil-a dengan suhu .....	32
D.	Hubungan klorofil-a dengan intensitas cahaya .....	34
VI.	<b>PENUTUP</b> .....	35
A.	Kesimpulan .....	35
B.	Saran .....	35
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
	<b>LAMPIRAN</b> .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan klorofil-a (Hakanson & Bryann, 2008). .....	4
Tabel 2. Alat beserta fungsinya.....	18
Tabel 3. Bahan beserta fungsinya .....	19
Tabel 4. Kriteria stasiun .....	21
Tabel 5. Konsentrasi klorofil-a di perairan pulau Bangkobangkoang.....	26
Tabel 6. Nilai suhu permukaan laut.....	27
Tabel 7. Hasil pengukuran intensitas cahaya.....	28

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta lokasi penelitian .....	17
Gambar 2. Sebaran klorofil-a di Pulau Bangkobangoang.....	24
Gambar 3. Klasifikasi tingkat kesuburan berdasarkan klorofil-a di Pulau Bangkobangoang .....	25
Gambar 4. Grafik hasil pengukuran in situ dan ex situ klorofil-a.....	26
Gambar 5. Sebaran suhu perairan Pulau Bangkobangoang .....	27
Gambar 6. Grafik hasil pengukuran in situ dan ex situ suhu permukaan laut ...	28
Gambar 7. Hubungan klorofil-a dan suhu .....	29
Gambar 8. Hubungan klorofil-a dengan intensitas cahaya .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Hubungan klorofil dan suhu permukaan laut .....	41
<b>Lampiran 2.</b> Hubungan klorofil dan intensitas cahaya .....	41
<b>Lampiran 3.</b> Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari .....	41
<b>Lampiran 4.</b> Dokumentasi kegiatan penelitian .....	42



# I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Klorofil adalah pigmen yang terdapat dalam daun hijau dan berperan sebagai zat dalam organisme produsen yang melakukan fotosintesis, mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat. Klorofil-a merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan produktivitas primer di perairan laut serta dapat digunakan sebagai indikator untuk mengidentifikasi keberadaan fitoplankton di perairan. Distribusi dan konsentrasi klorofil-a memiliki hubungan yang erat dengan kondisi oseanografi suatu perairan (Linus *et al.*, 2016). Pentingnya pengukuran klorofil-a dikarenakan kadar klorofil dalam volume air laut tertentu memberikan indikasi tentang jumlah biomassa tumbuhan yang ada di dalam perairan tersebut (Adani *et al.*, 2013).

Kehidupan organisme perairan dapat dipengaruhi oleh suhu permukaan laut. Perubahan suhu permukaan laut secara tidak langsung dapat memengaruhi konsentrasi klorofil-a di perairan melalui pengaruhnya terhadap pertumbuhan fitoplankton. Oleh karena itu, suhu permukaan laut memiliki konsekuensi terhadap distribusi dan kuantitas fitoplankton yang tercermin dalam konsentrasi klorofil-a di perairan (Sidik *et al.*, 2015).

Wilayah perairan memegang peranan penting dalam berbagai keperluan dan aktivitas di sektor perikanan, pariwisata, industri, dan sebagainya. Keadaan perairan dapat dikategorikan sebagai kaya jika memiliki tingkat kesuburan yang tinggi. Produktivitas primer perairan mencerminkan apakah perairan tersebut memiliki kemampuan yang cukup produktif untuk menghasilkan biomassa, terutama fitoplankton, yang juga menyediakan oksigen melalui proses fotosintesis yang mendukung ekosistem perairan. (Afriliyeni, 2019). Pengukuran kandungan klorofil-a di perairan merupakan salah satu metode untuk mengukur kesuburan perairan dalam bentuk produktivitas primer.

Pentingnya pengukuran klorofil-a dikarenakan kadar klorofil dalam volume air laut tertentu memberikan indikasi tentang jumlah biomassa tumbuhan yang ada di dalam perairan tersebut (Adani *et al.*, 2013). Metode pengukuran suhu permukaan laut dan klorofil-a di laut dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh melalui citra satelit seperti citra sentinel dan citra landsat. Penginderaan jauh merupakan suatu bidang yang mempelajari cara mendapatkan informasi yang komprehensif tentang suatu area tertentu. Dalam mengolah data yang diperoleh dari citra satelit, digunakan sistem informasi geografis (SIG) untuk memproses dan mempresentasikan data dalam bentuk peta yang informatif (Padmaningrat, 2017).

Pulau Bangkombangkoang terletak di gugusan Kepulauan Spermonde dan secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Mattiro Ulung, Kecamatan Liukang

Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. Luas wilayah Pulau Bangkombangkoang mencapai 318.669,5392920 m<sup>2</sup>. Secara astronomis, koordinat pulau ini terletak di 6°38'22.000"LS, 118°19'33.000"BT. Pulau ini juga merupakan bagian dari kawasan konservasi perairan daerah kabupaten pangkajene dan kepulauan, kabupaten pangkep, di mana pulau ini sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Dilokasi tersebut juga terdapat tambak ikan namun sampai saat ini sudah tidak beroperasi lagi dikarenakan kegagalan panen yang sering terjadi akibat tingginya tingkat kematian pada ikan di tambak tersebut. Informasi yang tersedia tentang kondisi perairan di daerah tersebut masih terbatas, sehingga pengelolaan yang efisien untuk menjaga kualitas air, terutama untuk kebutuhan tambak di wilayah tersebut, belum dapat dilakukan.

Dalam era perkembangan teknologi satelit yang modern, aplikasi penginderaan jauh pada perairan telah digunakan sebagai alternatif yang efektif guna memantau kualitas perairan dalam memperoleh informasi mengenai konsentrasi klorofil-a dan suhu permukaan laut. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk dapat mendeteksi kandungan klorofil a menggunakan citra sentinel 2A dan suhu permukaan laut menggunakan citra landsat 8. Semakin majunya teknologi penginderaan, semakin banyak peneliti yang menggunakan metode ini karena lebih efisien dalam hal waktu dan biaya dan tanpa melakukan kontak langsung dengan objek yang diteliti. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam memahami kondisi perairan di sekitar Pulau Bangkombangkoang dan menjadi sumber informasi yang berharga dalam pengembangan sektor kelautan dan perikanan Indonesia, terutama di wilayah perairan pesisir Pulau Bangkombangkoang.

## **B. Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat kesuburan perairan berdasarkan kandungan klorofil-a dan suhu permukaan laut yang terdeteksi melalui citra satelit di Pulau Bangkombangkoang.

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pemahaman tentang tingkat kesuburan perairan di pulau Bangkombangkoang Kabupaten Pangkep dengan menggunakan kandungan klorofil-a dan suhu sebagai indikator. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi dan informasi yang berharga bagi para peneliti dan pemerintah setempat dalam mengevaluasi tingkat kesuburan perairan di pulau Bangkombangkoang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Klorofil-a

#### 1. Pengertian klorofil-a

Klorofil adalah pigmen hijau yang ditemukan pada tanaman, ganggang dan Cyanobacteria. Klorofil-a di lautan identik dengan keberadaan fitoplankton sebagai makanan utama organisme laut terutama Ikan. Pengukuran konsentrasi klorofil merupakan ukuran kesuburan dinyatakan dalam bentuk produktivitas primer. Klorofil-a adalah pigmen aktif pada sel tumbuhan yang berperan penting dalam proses Fotosintesis di perairan yang dapat digunakan sebagai indikator banyak atau tidaknya ikan (Zakiyah *et al.*, 2018).

Klorofil-a merupakan indikator kelimpahan fitoplankton di perairan yang berperan dalam proses fotosintesis. Fitoplankton berkontribusi secara besar untuk mengetahui produktivitas primer di perairan. Produksi karbon organik selama proses fotosintesis didefinisikan sebagai produktivitas primer atau produktivitas primer bersih. Produktivitas primer bersih merupakan kunci pengukuran kesehatan lingkungan dan pengelolaan sumberdaya laut (Nuzapril *et al.*, 2017).

Proses fotosintesis dipengaruhi oleh faktor konsentrasi klorofil-a dan intensitas cahaya matahari. Nilai produktivitas primer dapat digunakan sebagai indikasi tentang tingkat kesuburan suatu ekosistem perairan. Klorofil-a adalah suatu pigmen hijau yang dapat ditemukan pada alga, tumbuhan dan cyanobacteria. Klorofil-a merupakan suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peranan penting dalam terjadinya proses fotosintesis di perairan yang dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan perairan (Garini *et al.*, 2021). Klorofil-a sebagai indikator kualitas perairan digolongkan ke dalam status trofik perairan secara umum yaitu oligotrof, mesotrof, eutrofik, dan hipereutrofik. Aktivitas manusia berpengaruh terhadap kondisi perairan. Konsentrasi klorofil-a di dapat menjadi rendah karena nilai oksigen terlarut dalam air rendah yang menunjukkan proses fotosintesis tidak berjalan dengan baik. Nilai konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh parameter fisika-kimia perairan yang berhubungan dengan aktivitas manusia (Alfiani, 2020).

Menurut Kurniawati *et al.*, 2015, bahwa sebaran konsentrasi klorofil-a di laut bervariasi menurut letak geografis maupun kedalaman perairan. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrisi yang terkandung di dalam perairan. Sebaran konsentrasi klorofil-a lebih tinggi pada perairan pantai dan pesisir, serta konsentrasi klorofil-a rendah di perairan lepas pantai ( Samad *et al.*, 2016).

Sebaran konsentrasi klorofil-a pada umumnya tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari suplai nutrisi tinggi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai, dan rendah di perairan lepas pantai.

Adapun dibawah ini tabel klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan klorofil-a

Tabel 1. Klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan klorofil-a (Hakanson & Bryann, 2008).

Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	Tingkat Kesuburan (Tropik) Perairan
< 2	Rendah (Oligotrofik)
2 - 6	Cukup (Mesotrofik)
6 - 20	Baik (Eutrofik)
>20	Hipertrofik

Tingkat kesuburan suatu perairan sangat menentukan jumlah biomassa sumber daya perikanan yang tumbuh di dalamnya. Kesuburan perairan biasanya dihubungkan dengan konsentrasi nutrisi dalam badan perairan. Tinggi rendahnya kandungan klorofil-a sangat erat hubungannya dengan pasokan nutrisi yang berasal dari darat melalui aliran sungai yang masuk ke badan perairan. Proses fotosintesis dipengaruhi oleh faktor konsentrasi klorofil-a dan intensitas cahaya matahari. Nilai produktivitas primer dapat digunakan sebagai indikasi tentang tingkat kesuburan suatu ekosistem perairan (Afriliyeni, 2019).

Status kesuburan eutrofik sedang menandakan bahwa kesuburan perairan tinggi, didominasi oleh alga hijau-biru, terjadi penggumpalan, kecerahan air sedang, ikan yang mampu bertahan adalah ikan yang mampu hidup di perairan hangat dan masalah tanaman air sudah ekstensif. suatu perairan dapat dikatakan oligotrofik oleh satu kriteria dan dikatakan eutrofik oleh kriteria lain. Maka dari itu, diperlukan sumber lain untuk mengetahui status kesuburan perairan selain menghitung indeks TSI. Kesuburan perairan dapat dilihat dengan mengetahui konsentrasi per variabel, diantaranya nitrat, fosfat, klorofil-a dan kecerahan di perairan (Meliala *et al.*, 2019).

## 2. Sumber klorofil- a

Klorofil ditemukan pada tumbuhan, *algae*, dan *cyanobacteria*. Di lautan, klorofil-a identik dengan adanya fitoplankton yang merupakan sumber makanan primer bagi organisme laut terutama ikan, sehingga dapat digunakan sebagai indikator banyak atau tidaknya ikan di suatu wilayah dari gambaran siklus rantai makanan yang terjadi di lautan. Konsentrasi klorofil-a pada suatu perairan sangat bergantung pada ketersediaan

nutrien dan intensitas cahaya matahari. Bila nutrien dan intensitas matahari cukup tersedia maka konsentrasi klorofil-a akan tinggi dan sebaliknya. Selain itu, sebaran dan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan (Yuliana, 2018).

Kandungan klorofil-a pada perairan dapat dilihat melalui banyaknya fitoplankton karena fitoplankton merupakan penghasil klorofil-a tertinggi di perairan. Nilai kandungan klorofil-a yang tinggi terdapat pada kawasan vegetasi mangrove. Kawasan vegetasi mangrove memberikan nutrien terbesar ke perairan. Serasah daun mangrove yang jatuh ke perairan akan mengalami dekomposisi sehingga dapat memberikan tambahan nutrien bagi pertumbuhan fitoplankton. Serasah tumbuhan mangrove juga merupakan sumber karbon dan nitrogen bagi hutan itu sendiri dan perairannya (Hidayah *et al.*, 2016).

Tingginya nilai klorofil-a di perairan diduga berasal dari tingginya kandungan nutrien yang berasal dari buangan limbah organik yang mengalir dari daratan yaitu saluran pembuangan air dari berbagai aktivitas manusia. Suplai nutrien yang berasal dari daratan merupakan faktor utama yang mengakibatkan tingginya konsentrasi klorofil-a di perairan (Hidayah *et al.*, 2016).

Produktivitas perairan yang tinggi menandakan kesuburan suatu perairan, hal ini dapat dilihat dari jumlah produktivitas primer yang dihasilkan di perairan tersebut untuk menghasilkan kelimpahan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton yang tinggi diduga akan meningkatkan populasi ikan, dimana ketersediaan makanannya melimpah di perairan tersebut. Pigmen yang mampu melakukan fotosintesis dan terdapat dalam seluruh organisme fitoplankton disebut klorofil-a. Fotosintesis dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan nutrien, dimana hasil yang diperoleh berupa konversi klorofil-a menjadi karbohidrat dan oksigen terlarut. Intensitas cahaya matahari yang masuk berdasarkan waktu dan sudut jatuh sinar matahari ke dalam suatu perairan akan mengalami perbedaan dan menimbulkan variasi suhu permukaan laut. Variasi suhu tersebut akan mengakibatkan stratifikasi keberadaan fitoplankton, fitoplankton pada suhu rendah dapat mempertahankan kandungan pigmen-pigmen fotosintesis (klorofil-a), enzim-enzim dan karbon yang besar (Triady *et al.*, 2015).

### **3. Faktor-faktor yang memengaruhi kadar klorofil-a diperairan**

#### **a. Nutrien**

Tinggi rendahnya kandungan klorofil-a memiliki keterkaitan dengan pasokan nutrien yang berasal dari darat melalui aliran sungai. Jika banyak limbah yang masuk ke dalam perairan, maka limbah tersebut menjadi sumber masuknya nutrien. Semakin tinggi kandungan nutrien maka konsentrasi klorofil-a akan semakin tinggi. Rendahnya

kandungan klorofil-a disebabkan karena kurangnya asupan bahan organik pada perairan. Daerah muara umumnya mendapat masukan nutrisi yang lebih tinggi dari daratan yang dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang (Garini *et al.*, 2021).

Arus merupakan salah satu parameter oseanografi yang menyebabkan nutrisi dan klorofil-a akan mengalami persebaran sesuai dengan pergerakan massa air yang memengaruhi. Umumnya, kandungan nutrisi yang tinggi di daerah pesisir akan memengaruhi tingginya sebaran klorofil-a di perairan (Hidayah *et al.*, 2016).

#### b. Suhu

Suhu permukaan laut memengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme yang ada di perairan. Oleh karena itu, banyak dijumpai bermacam-macam jenis hewan yang terdapat di berbagai tempat pada suatu perairan. Suhu optimum untuk meningkatkan laju fotosintesis adalah 20-35°C. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan laju fotosintesis hingga menaikkan nilai konsentrasi klorofil-a. Secara umum, laju fotosintesis akan meningkat seiring meningkatnya suhu perairan, tetapi menurun secara drastis setelah mencapai suatu suhu tertentu. Jika suhu tidak sesuai untuk fitoplankton, maka fitoplankton akan mengalami kematian sehingga nilai klorofil-a akan menurun. Hal ini disebabkan setiap spesies fitoplankton selalu beradaptasi terhadap suatu kisaran suhu tertentu (Garini *et al.*, 2021).

#### 1) Salinitas

Salinitas semakin meningkat maka kerapatan air meningkat yang selanjutnya akan memengaruhi laju pertumbuhan fitoplankton, akan menenggelamkan fitoplankton sehingga nilai klorofil-a akan semakin rendah. Salinitas akan semakin rendah apabila semakin dekat dengan pesisir. Salinitas lebih tinggi pada perairan yang letaknya jauh dari pantai, semakin tinggi salinitas maka kandungan klorofil-a akan semakin rendah (Garini *et al.*, 2021).

#### 2) Derajat keasaman (pH)

Nilai pH yang baik untuk kehidupan fitoplankton berkisar antara 7-8,5. Nilai pH tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yaitu fotosintesis, respirasi, suhu, dan keberadaan ion-ion dalam perairan dimana terjadinya fotosintesis akan terjadi secara optimal apabila nilai pH dalam keadaan normal. Jika nilai pH semakin jauh dari nilai yang normal, maka kandungan klorofil-a juga akan semakin rendah (Garini *et al.*, 2021).

### 3) Kecerahan

Kecerahan menunjukkan sejauh mana cahaya dengan intensitas tertentu dapat menembus kedalaman perairan. Nilai kecerahan di daerah sungai lebih rendah dibandingkan daerah lepas pantai (Nufus *et al.*, 2017). Pada perairan dengan tingkat kecerahan yang tinggi dapat menyebabkan rendahnya kelimpahan fitoplankton yang berdampak pada kandungan klorofil-a. Kecerahan yang tinggi menandakan bahwa perairan memiliki bahan organik yang sedikit sehingga konsentrasi fosfat rendah dimana fosfat adalah yang dibutuhkan oleh fitoplankton. Semakin rendahnya kecerahan maka akan semakin tinggi kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a (Garini *et al.*, 2021). Pengukuran intensitas cahaya menggunakan lux meter dengan sumber cahaya terhadap jarak dan sudut (Wicaksono, 2018).

Nilai kecerahan yang rendah dapat disebabkan oleh proses mixing yang menyebabkan sedimen dibawah perairan teraduk sampai ke permukaan perairan. Jika dalam suatu perairan nilai kecerahan rendah maka semakin rendah kelimpahan fitoplankton, maka akan semakin rendah nilai klorofil-a yang menggambarkan biomassa fitoplankton (Garini *et al.*, 2021).

### 4) Oksigen terlarut

Cemaran sampah organik dan anorganik dapat menyebabkan permukaan badan air tertutupi oleh sampah yang mengakibatkan sulitnya difusi oksigen ke dalam badan air (Nufus *et al.*, 2017). Kadar oksigen terlarut yang kurang baik akan menyebabkan efek yang kurang menguntungkan bagi hampir semua organisme akuatik. Kadar oksigen terlarut yang kurang dari 4 mg/L akan menimbulkan efek yang kurang menguntungkan bagi semua organisme akuatik. Jika kadar oksigen >4 mg/L maka akan semakin baik untuk pertumbuhan fitoplankton, maka akan semakin baik juga nilai kandungan klorofil-a. Maka dari itu, semakin rendah kadar oksigen terlarut maka akan semakin rendah nilai kandungan klorofil-a (Garini *et al.*, 2021).

Selain faktor-faktor di atas, tinggi rendahnya kadar klorofil-a di suatu perairan disebabkan oleh faktor kondisi lokasi pengambilan sampel dimana apabila daerah tersebut dekat dari daratan dan pemukiman warga sehingga perairan dalam kondisi tercemar akibat buangan limbah dari daratan, sampah dan berbagai kotoran lainnya. Kandungan kadar klorofil-a yang rendah diduga karena produktivitas di kolom air yaitu fitoplankton dan alga rendah yang disebabkan oleh kekeruhan dari komponen abiotik (Ningrum *et al.*, 2022).

## 4. Fungsi klorofil-a diperairan

Klorofil-a memiliki beberapa fungsi diperairan, antara lain:

- a. Sebagai pigmen fotosintetik: klorofil-a merupakan pigmen fotosintetik yang terdapat pada fitoplankton dan tumbuhan air. Klorofil-a berperan dalam proses fotosintesis, yaitu mengubah energi cahaya menjadi energi kimia yang dapat digunakan oleh organisme laut (Marendy, 2017).
- b. Sebagai indikator produktivitas primer: Kandungan klorofil-a yang tinggi menunjukkan adanya kelimpahan fitoplankton yang dapat menjadi sumber makanan bagi organisme laut. Pengukuran klorofil sangat penting dilakukan karena kadar klorofil dalam suatu volume air laut tertentu merupakan suatu ukuran bagi biomassa tumbuhan yang terdapat dalam air laut tersebut. Klorofil dapat diukur dengan memanfaatkan sifatnya yang dapat berpijar bila dirangsang dengan panjang gelombang cahaya tertentu atau mengekstraksi klorofil dari tumbuhan dengan menggunakan aseton untuk menghitung produktivitas primernya (Sihombing & Arhyawaty, 2013).
- c. Sebagai indikator kualitas air: Kandungan klorofil-a juga dapat digunakan sebagai indikator kualitas air. Tingginya kandungan klorofil-a dapat menunjukkan adanya eutrofikasi atau peningkatan nutrisi di perairan yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem laut. Salah satu indikator kesuburan perairan adalah ketersediaan klorofil-a di perairan. tingkat kesuburan suatu perairan pesisir dapat dinilai dari karakteristik biologi maupun kimia terutama dari ketersediaan zat hara esensial. faktor biologis yang memengaruhi tingkat kesuburan suatu perairan adalah klorofil-a. Klorofil-a merupakan pigmen yang mampu melakukan fotosintesis dan terdapat di seluruh organisme fitoplankton (Nufus et al., 2017).

## **B. Suhu permukaan laut**

### **1. Pengertian suhu permukaan laut**

Suhu permukaan laut adalah intensitas cahaya matahari yang diterima, musim, cuaca, kedalaman air, sirkulasi udara, dan penutupan awan (Hutabarat & Evans, 1986). Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kondisi cuaca dan iklim adalah suhu permukaan laut.

Suhu merupakan parameter lingkungan yang paling sering diukur di laut karena berguna dalam mempelajari proses-proses fisika, kimia, dan biologi yang terjadi di laut. Pola distribusi suhu permukaan laut (SPL) dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter laut, seperti arus, umpan, dan *front*. Suhu juga menjadi salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena dapat memengaruhi aktivitas metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut (Hutabarat & Evans, 2014). Umumnya suhu air laut optimum untuk pertumbuhan plankton di laut tropis adalah antara 25-32°C



Suhu permukaan laut (SPL) dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk menduga keberadaan organisme di suatu perairan, khususnya ikan. Sebaran suhu permukaan laut mengindikasikan terjadinya front termal yaitu proses *upwelling*, *front* atau pengadukan air laut di suatu perairan. Suhu dapat memengaruhi fotosintesis fitoplankton baik secara langsung ataupun tidak langsung. Penentuan sebaran klorofil-a dan suhu permukaan laut dapat menggunakan penginderaan jauh (citra satelit) yang akan memudahkan dalam pengambilan data (Intansari *et al.*, 2018).

## 2. Faktor yang memengaruhi suhu permukaan laut

Suhu permukaan laut dipengaruhi oleh faktor fisik seperti panas matahari, arus permukaan, keadaan awan, *upwelling*, divergensi dan konvergensi pada daerah muara dan garis pantai. Faktor meteorologi juga ikut berpengaruh terhadap suhu permukaan laut seperti curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Secara global, suhu permukaan laut dibutuhkan untuk memonitoring kerusakan terumbu karang (Arief *et al.*, 2015).

Perbedaan siang dan malam dapat memengaruhi suhu air laut. Pada pagi hari, suhu air laut lebih rendah dibandingkan pada siang hari. Pada sore hari suhu air laut lebih rendah dari siang hari tetapi lebih tinggi dari pagi hari meskipun posisi mataharinya sama, hal tersebut dikarenakan sifat air laut yang lama menyerap dan melepaskan panas (Santosa & Wiharyanto, 2013) Selain itu, berdasarkan posisi matahari terhadap bumi pun dapat memengaruhi suhu air laut. Suhu air laut pada wilayah tropis akan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah subtropis dan kutub. Ada pula sumber lain panas air laut, yaitu interior bumi (daratan dan kerak bumi), serta energi kinetik yang ada dalam kolom air.

Suhu permukaan laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti letak ketinggian dari permukaan laut, intensitas sinar matahari, letak geografis, musim, cuaca, dan kondisi lingkungan perairan.

- a. Letak ketinggian dari permukaan laut dan kedalaman: Suhu permukaan laut dipengaruhi oleh letak ketinggian dari permukaan laut dan kedalaman perairan
- b. Intensitas sinar matahari: Intensitas sinar matahari dapat memengaruhi suhu permukaan laut karena sinar matahari merupakan sumber energi yang memanaskan permukaan laut. Semakin tinggi intensitas sinar matahari, maka semakin tinggi pula suhu permukaan laut. Intensitas sinar matahari yang tinggi juga dapat memberi pengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi kandungan klorofil-a dan produktivitas primer di perairan. Selain itu, intensitas sinar matahari juga dapat memberi pengaruh

terhadap nutrisi di perairan, yang dapat memengaruhi kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a (Sandy, 2017).

- c. Letak geografis: Letak geografis suatu wilayah juga dapat memengaruhi suhu permukaan laut. Misalnya, perairan yang berada di dekat khatulistiwa cenderung memiliki suhu permukaan laut yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan yang berada di daerah kutub. Kisaran suhu pada daerah tropis relatif stabil karena cahaya matahari lebih banyak mengenai daerah ekuator daripada daerah kutub. Hal ini dikarenakan cahaya matahari yang merambat melalui atmosfer banyak kehilangan panas sebelum cahaya tersebut mencapai kutub. Suhu di lautan kemungkinan berkisar antara  $-1.87^{\circ}\text{C}$  (titik beku air laut) di daerah kutub sampai maksimum sekitar  $42^{\circ}\text{C}$  di daerah perairan dangkal (As-Syakur & Wiyanto (2016).
- d. Musim: Musim juga dapat memengaruhi suhu permukaan laut. Pada musim panas, suhu permukaan laut cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim dingin. Suhu permukaan laut pada musim hujan cenderung rendah hal ini disebabkan adanya kondisi curah hujan yang tinggi dan kondisi atmosfer permukaan yang relatif berawan.
- e. Cuaca: Cuaca seperti angin dan hujan juga dapat memengaruhi suhu permukaan laut
- f. Kondisi lingkungan perairan: Kondisi lingkungan perairan seperti arus, gelombang, dan kedalaman juga dapat memengaruhi suhu permukaan laut.

### **3. Peranan suhu permukaan laut**

Suhu permukaan laut sangat memengaruhi pertumbuhan ikan dimana suhu permukaan laut secara umum sering digunakan dalam bidang kelautan maupun perikanan. Suhu permukaan laut adalah salah satu parameter fisik oseanografi yang digunakan untuk menganalisis daerah penangkapan ikan (fishing ground), dan merupakan faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme di lautan. Menurut Santos (2000) suhu permukaan laut sangat penting untuk oseanografi perikanan karena secara tidak langsung dapat digunakan sebagai indikator bidang konsentrasi pakan ikan, juga menguntungkan potensi agregasi dan migrasi ikan. Suhu permukaan laut memengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme yang ada di perairan. Oleh karena itu banyak dijumpai bermacam-macam jenis hewan yang terdapat di berbagai tempat pada suatu perairan (Bukhari *et al.*, 2017).

Suhu air laut juga dapat memengaruhi ekosistem di wilayah pesisir, baik terhadap kehidupan ekosistem terumbu karang, lamun, dan mangrove, maupun terhadap organisme yang hidup di dalam ekosistem tersebut. Secara horizontal sebaran suhu perairan sangat bergantung pada letak lintang, secara umum suhu laut pada daerah

sekitar khatulistiwa lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitar lintang tinggi. Daerah-daerah yang paling banyak menerima panas dari matahari adalah daerah pada lintang 10 LU – 10 LS, sehingga suhu air laut tertinggi ditemukan di daerah khatulistiwa. Suhu permukaan laut di perairan Indonesia secara umum berkisar antara 28 – 31°C. Secara vertikal, sebaran suhu di laut dapat dibedakan menjadi 3 yaitu, lapisan homogen/tercampur (mix layer), lapisan termoklin, dan lapisan dasar. Peta suhu permukaan laut sangat penting dalam ilmu oseanografi, beberapa fenomena di laut dapat terlihat dengan menggunakan peta SPL secara global. Beberapa kegunaan dari sebaran SPL adalah untuk fenomena upwelling dan downwelling, pemetaan distribusi hujan salju, pemetaan banjir, analisa kelembaban tanah regional, pendeteksian kebakaran hutan, pemantauan badai, gunung api meletus, analisis fenomena El Nino, La Nina, dan lain-lainnya (Al Tanto, 2020).

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme di lautan karena suhu dapat memengaruhi aktifitas metabolisme dan perkembangbiakan suatu organisme. Suhu Permukaan Laut (SPL) atau Sea Surface Temperature (SST) umumnya sering digunakan dalam bidang kelautan maupun perikanan yang merupakan bagian dari suhu perairan secara keseluruhan. SPL dipengaruhi oleh panas matahari, arus permukaan, keadaan awan, upwelling, divergensi dan konvergensi terutama pada daerah muara dan sepanjang garis pantai (Arief et al., 2015). Perubahan suhu juga dapat menjadi faktor yang memengaruhi migrasi hewan atau organisme. Suhu memengaruhi siklus biogeokimia dan kualitas habitat perairan. Beberapa faktor meteorologi ikut berperan, yaitu: curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari (Arief et al., 2015).

#### **4. Pentingnya peranan suhu dan klorofil -a terhadap kesuburan perairan**

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan faktor penting dalam memengaruhi kehidupan di lautan, di mana SPL menjadi salah satu parameter yang perlu diukur sebagai pemantauan kondisi perairan. Suhu memengaruhi aktifitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme yang ada di perairan dan sebagai parameter oseanografi yang mencirikan massa air di lautan dan berhubungan dengan keadaan lapisan air laut yang terdapat di bawahnya, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui upwelling, potensi penangkapan ikan dan perubahan suhu yang terjadi di lautan . SPL menjadi faktor dalam pengkajian penelitian di bidang kelautan karena merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kehidupan di dalam laut, contohnya fitoplankton, zooplankton, ikan kecil dan ikan besar (Yuniarti et al., 2013)

Informasi mengenai SPL juga dapat menjadi faktor dalam memengaruhi iklim global. Hal ini disebabkan perubahan suhu pada permukaan akan memengaruhi

distribusi ikan di laut. SPL dapat menjadi indikator potensi wilayah penangkapan ikan pada suatu perairan dan perubahan suhu pada perairan, salah satu cara untuk mengetahuinya adalah dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh ini banyak digunakan karena merupakan cara yang efektif dan dapat mencakup daerah kajian yang luas pada wilayah perairan (Zulfikar *et al.*, 2018)

Tingkat kesuburan di suatu perairan umumnya dikaitkan dengan kelimpahan fitoplankton, zooplankton, dan bakteri yang merupakan unsur terpenting dalam rantai makanan di suatu perairan. Keberadaan fitoplankton di perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang memberikan pengaruh dalam perkembangan, metabolisme, dan penyebaran fitoplankton di perairan seperti suhu, cahaya, arus, dan nutrisi. Fitoplankton umumnya banyak terdapat di perairan sekitar muara sungai atau perairan lepas pantai di mana terjadi upwelling. Klorofil-a adalah pigmen penting yang digunakan fitoplankton sebagai alat untuk berfotosintesis. Hal ini yang menjadikan klorofil-a sebagai salah satu parameter yang memiliki peranan penting dalam menentukan besarnya produktivitas primer di suatu perairan. Sebaran klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan, salah satunya yaitu suhu permukaan laut (Intansari *et al.*, 2018).

## **C. Penginderaan jauh**

### **1. Pengertian penginderaan jauh**

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji. Penginderaan jauh mempunyai dua sistem perekaman yaitu sistem fotografi dan nonfotografi. Penginderaan jauh fotografi menggunakan sensor yang dibawa kamera sehingga menghasilkan data berupa foto udara. Saat ini penginderaan jauh sistem fotografi mulai berkembang lagi dengan adanya wahana pesawat drone (Dedy & Listumbinang, 2016).

Penginderaan jauh mempunyai 4 konsep resolusi yang meliputi spasial, temporal, spektral dan radiometrik. Resolusi spasial merupakan ukuran terkecil obyek yang masih dapat diamati oleh sistem. Semakin kecil ukuran obyek yang dapat teramati maka semakin tinggi dan detail resolusi spasialnya. Citra penginderaan jauh untuk cuaca dan kelautan biasanya mempunyai resolusi spasial yang rendah karena cakupannya yang lebih luas. Penginderaan jauh dapat mengidentifikasi suhu permukaan laut jika sensor yang dibawa oleh satelit mempunyai gelombang inframerah termal atau gelombang mikro pasif. Inframerah termal atau thermal infrared (TIR) sudah digunakan lebih dari 40 tahun untuk dioperasikan pada satelit meteorologi. Pada kondisi banyak

awan maka TIR digunakan sebagai monitor temperatur awan, sedangkan pada kondisi tidak ada awan TIR digunakan untuk mengobservasi pola suhu permukaan laut (Iswari, 2017).

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik yang dapat diaplikasikan untuk pengamatan parameter oseanografi perairan salah satunya suhu permukaan laut baik secara spasial maupun temporal. Teknik penginderaan jauh memiliki kemampuan yang tinggi dalam menganalisis area yang luas dan sulit ditempuh dengan cara konvensional dalam waktu yang singkat. Sensor satelit penginderaan jauh mendeteksi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh permukaan laut untuk melihat fenomena sebaran suhu permukaan laut. Teknik penginderaan jauh memiliki kemampuan yang tinggi dalam menganalisis area yang luas dan sulit ditempuh dengan cara konvensional dalam waktu yang singkat. Sensor satelit penginderaan jauh mendeteksi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh permukaan laut untuk melihat fenomena sebaran SPL (Ekayana *et al.*, 2017).

## **2. Citra sentinel**

Kelimpahan fitoplankton dapat ditentukan berdasarkan keberadaan jumlah klorofil-a di perairan. Penentuan wilayah yang subur dapat diketahui berdasarkan konsentrasi dari klorofil-a baik secara spasial maupun temporal (Ningrum *et al.*, 2022). Kandungan klorofil-a dapat di estimasi dengan penginderaan jauh dengan memanfaatkan karakteristik spektral yang dimiliki oleh klorofil-a. Klorofil-a memiliki karakteristik spektral merefleksikan sinar hijau (515-600 nm) serta mengabsorpsi sinar biru (400-515 nm) yang menjadikan warna laut biru. Citra Sentinel memiliki resolusi spasial sebesar 300 m x 300 m

Global Monitoring for Environment and Security (GMES) merupakan salah satu program yang diusung oleh European Commission (EC) dan European Space Agency (ESA). Program ini bertujuan untuk kemajuan pembangunan Eropa dalam penyediaan dan penggunaan informasi pemantauan lingkungan dan keamanan. Peran ESA di GMES adalah untuk memberikan definisi dan pengembangan elemen berbasis sistem ruang dengan meluncurkan Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial tinggi. Namun dalam perkembangannya ESA sedang mengembangkan lima misi Sentinel, yaitu Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 dan misi Jason-CS (didasarkan pada konstelasi dua satelit di bidang orbit yang sama (Spoto *et al.*, 2012).

Sentinel-2 telah dirancang untuk mendukung lahan Global Monitoring for Environment and Security (GMES); darurat dan aplikasi keamanan; Geoland2; SAFER; dan G-MOSAIC. Citra Sentinel-2 dengan sistem Instrumen Multispectral yang beresolusi tinggi akan memastikan rangkaian kontinuitas observasi multispektral SPOT dan

Landsat dengan melihat kunjungan kembali, area cakupan, band spektral, lebar petak, kualitas gambar radiometrik dan geometrik. Sentinel-2 akan menjadi kontribusi signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan GMES dalam hal penyampaian produk informasi untuk layanan operasional darat dan darurat (Spoto *et al.*, 2012).

Sentinel-2 *Multi-Spectral Instrument* (MSI) memiliki 13 band spektral (Tabel. 3) yang membentang dari yang terlihat dan *Visible and Near Infrared* (VNIR) ke *Short-Wave Infrared* (SWIR), dimana citra ini menampilkan empat band spektral di 10 m yaitu biru klasik (490 nm), hijau (560 nm), merah (665 nm) dan inframerah dekat (842 nm); enam band di 20 m yaitu empat band di vegetasi spektral (705 nm, 740 nm, 783 nm dan 865 nm) dan dua band SWIR besar (1.610 nm dan 2190 nm); dan tiga band pada resolusi spasial 60 m yaitu didedikasikan untuk koreksi atmosfer dan *screening* awan (443 nm untuk pengambilan aerosol, 945 nm untuk pengambilan uap air dan 1380 nm untuk deteksi awan cirrus) (Spoto *et al.*, 2012).

### **3. Citra landsat**

Pada bulan April 2008, NASA memilih General Dynamics Advanced Information Systems, Inc untuk membangun satelit LDCM (Landsat data Continuity Mission). Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (U.S. Geological Survey) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab akan penyediaan satelit LDCM (Landsat-8), instrumen-instrumen, pesawat peluncur, dan elemen- elemen operasi misi Sistem Stasiun Bumi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan) (Sitanggang, 2010).

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Landsat 1 yang awalnya bernama Earth Resources Technology Satellite 1 diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2 diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 22 Januari 1981. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 31 Maret 1983; Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982, dihentikan 1993. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 masih berfungsi sampai dengan saat ini namun mengalami gangguan berat sejak November 2011, akibat gangguan ini, pada tanggal 26 Desember 2012, USGS mengumumkan bahwa Landsat 5 akan dinonaktifkan. Berbeda dengan 5 generasi pendahulunya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999, masih berfungsi walau mengalami kerusakan sejak Mei 2003 (Purwato, 2015).

Satelit LDCM (Landsat-8) menggunakan suatu platform dengan pengarahannya titik nadir yang distabilkan tiga-sumbu, suatu arsitektur modular yang berhubungan dengan Bus SA200HP. Bus SA-200HP dengan daya tinggi adalah dari DS1 (Deep Space 1) dan merupakan warisan misi Coriolis. Satelit LDCM (Landsat-8) tersebut terdiri dari suatu bingkai aluminium dan struktur panel utama. Subsistem Kontrol dan Penentuan Sikap (Attitude Determination and Control Subsystem-ADCS) menggunakan 6 buah roda-roda reaksi dan tiga batang tenaga putaran (torque rods) sebagai aktuator (Sitanggang, 2010).

Dalam perkembangannya setelah peluncuran ke dua satelit tersebut diluncurkan pula satelit bumi generasi berikutnya, yaitu satelit Landsat-7 dan Landsat-8 untuk lebih menyempurnakan satelit generasi sebelumnya. Pemanfaatan citra Landsat telah banyak digunakan untuk beberapa kegiatan survei maupun penelitian, antara lain geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi dan kehutanan. Data-data yang dihasilkan dari citra Landsat tersebut berupa data digital yang dapat digunakan sesuai dengan bidang kajian yang diinginkan. Sebenarnya Landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan Landsat 7 dari pada disebut sebagai satelit baru dengan spesifikasi yang baru pula. Ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan Landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal, spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari Landsat 7 seperti jumlah band, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai Digital Number) dari tiap piksel citra. Seperti dipublikasikan oleh USGS, satelit Landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area scan seluas 170 km x 183 km (mirip dengan Landsat versi sebelumnya). NASA sendiri menargetkan satelit Landsat versi terbarunya ini mengemban misi selama 5 tahun beroperasi (sensor OLI dirancang 5 tahun dan sensor TIRS 3 tahun). Tidak menutup kemungkinan umur produktif Landsat 8 dapat lebih panjang dari umur yang dicanangkan sebagaimana terjadi pada Landsat 5 (TM) yang awalnya ditargetkan hanya beroperasi 3 tahun namun ternyata sampai tahun 2012 masih bisa berfungsi (Purwato, 2015).

#### **4. Pemanfaatan penginderaan jauh untuk klorofil dan suhu permukaan laut**

Penginderaan jauh atau teknologi satelit dapat dimanfaatkan untuk memantau kandungan klorofil dan suhu permukaan laut di perairan. Berikut adalah beberapa pemanfaatan penginderaan jauh untuk klorofil dan suhu permukaan laut:

Pemanfaatan pengindraan jauh untuk klorofil:

- a. Data klorofil-a yang diperoleh dengan memanfaatkan teknologi pengindraan jauh dapat digunakan untuk mengetahui kelimpahan ikan karang di perairan (Yuliana, 2018).
- b. Klorofil-a dapat dijadikan sebagai salah satu indikator produktivitas primer di perairan dan dapat diukur menggunakan teknologi pengindraan jauh (Effendi, 2012).
- c. Teknologi pengindraan jauh dapat digunakan untuk mengetahui distribusi spasial kandungan klorofil-a di perairan (Zakiah, 2019).

Pemanfaatan pengindraan jauh untuk suhu permukaan laut:

- a. Data suhu permukaan laut yang diperoleh dengan memanfaatkan teknologi pengindraan jauh dapat digunakan untuk mengetahui kelimpahan ikan karang
- b. Teknologi pengindraan jauh dapat digunakan untuk memantau suhu permukaan laut dan menghasilkan tampilan sinoptik lautan dengan frekuensi tinggi
- c. Teknologi pengindraan jauh dapat digunakan untuk memantau sebaran suhu permukaan laut di perairan
- d. Pengukuran suhu permukaan laut menggunakan teknologi pengindraan jauh dapat memberikan tampilan sinoptik lautan dan lebih memungkinkan untuk memeriksa bagian atas cekungan dinamika samudra
- e. Dengan memanfaatkan teknologi pengindraan jauh, dapat dilakukan pemantauan kandungan klorofil dan suhu permukaan laut di perairan secara efektif dan efisien. Hal ini dapat membantu dalam memahami kondisi perairan dan memonitoring kelimpahan organisme laut di dalamnya.