

**ANALISIS SEBARAN KLOROFIL- A DAN *TOTAL SUSPENDED MATTER*  
(TSM) MELALUI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI PASIR PUTIH  
KECAMATAN WATULIMO KABUPATEN TRENGGALEK**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**ARULIA ZALNI  
NIM. 145080100111046**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

**ANALISIS SEBARAN KLOORIFIL- A DAN *TOTAL SUSPENDED  
MATTER (TSM)* MELALUI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI PASIR  
PUTIH KECAMATAN WATULIMO KABUPATEN TRENGGALEK**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan  
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya

Oleh :

**ARULIA ZALNI  
NIM. 145080100111046**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

SKRIPSI

**ANALISIS SEBARAN KLOROFIL- A DAN TOTAL SUSPENDED MATTER (TSM) MELALUI PENGINDERAAN JAUH DI PANTAI PASIR PUTIH KECAMATAN WATULIMO KABUPATEN TRENGGALEK**

Oleh:

**ARULIA ZALNI**  
NIM. 145080100111046

telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 2 Juli 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



**Dr. H. M. Firdaus, MP**  
NIP. 19680919 200501 1 001  
Tanggal: 18 Juli 2019

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I



**Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si**  
NIP. 19610303 198602 2 001  
Tanggal: 18 Juli 2019

Dosen Pembimbing II

**Arief Darmawan, S. Si, M.Sc**  
NIK. 2016078008021001  
Tanggal: 18 Juli 2019



## LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Analisis Sebaran Klorofil-a dan *Total Suspended Matter*  
(TSM) di Pantai Pasir Putih Kecamatan Watulimo  
Kabupaten Trenggalek

Nama Mahasiswa : Arulia Zalni

NIM : 145080100111046

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING :

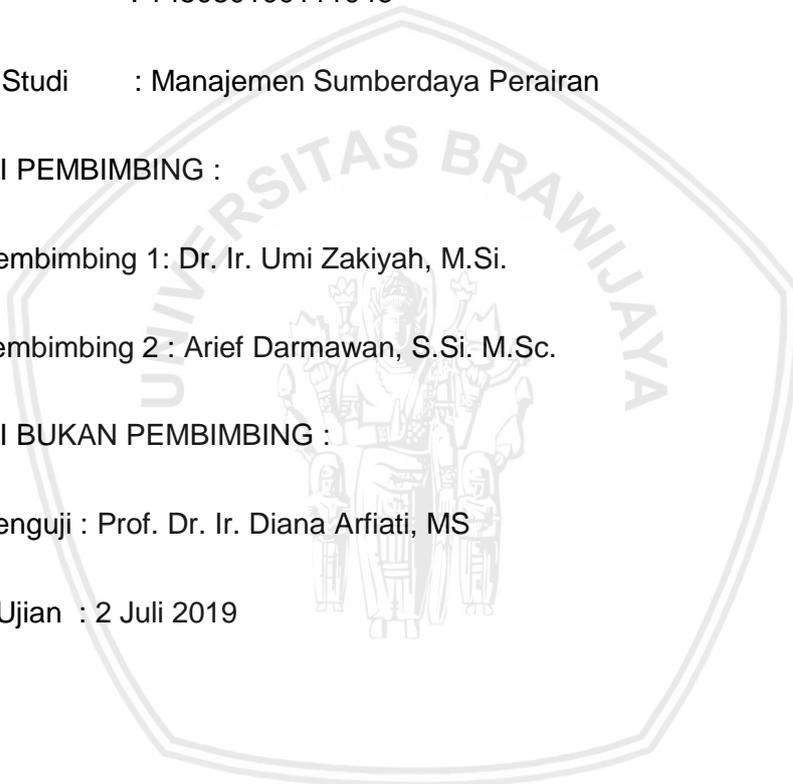
Dosen Pembimbing 1: Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si.

Dosen pembimbing 2 : Arief Darmawan, S.Si. M.Sc.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING :

Dosen Penguji : Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS

Tanggal Ujian : 2 Juli 2019



## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu pelaksanaan penelitian hingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Orang tua tercinta: Sholichuddin dan Tety Widya Ningsih yang tak kenal lelah memberi doa, motivasi serta dukungan materiil yang tak putus selama penulis hidup.
2. Ibu Dr.Ir. Umi Zakiyah, M.Si dan Bapak Arief Darmawan, S.Si, M.Sc selaku dosen pembimbing atas kesabaran, kebaikan hati dan kesediaan waktunya untuk membimbing penulis hingga terselesaikan skripsi ini.
3. Muhammad Anugrah Zakir atas perhatian, dorongan semangat, liburan asik serta pengenalannya terhadap game *PUBG*, *mobile legend*, *typing shark*, dll yang membuat proses penulisan skripsi menjadi lebih berwarna.
4. Sahabat tersayang cewek-cewek cantik PIKACU: Gema Ayu Rohani, Okki Putriani, Lusi Arfilia, Putri Dwiyan Jayati dan Amalia Danis Salsabila atas dukungan dan Motivasinya dari masih maba sampai sekarang dan tak kunjung henti.
5. Teman-teman halu dan ngondek: Cherin Juniarisa Lolitasari dan Rifqa Annisah yang berjuang bersama sampai titik darah tinggi untuk menyelesaikan laporan skripsi masing-masing.
6. Teman-teman Keluarga besar MSP 2014 dan Sekolah Kreativitas Mahasiswa (SKM) atas bantuannya selama ini.
7. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung dan baik sengaja maupun tidak sengaja telah berperan dalam terselesaikannya laporan ini.

Malang, 5 Mei 2019

**Arulia Zalni**

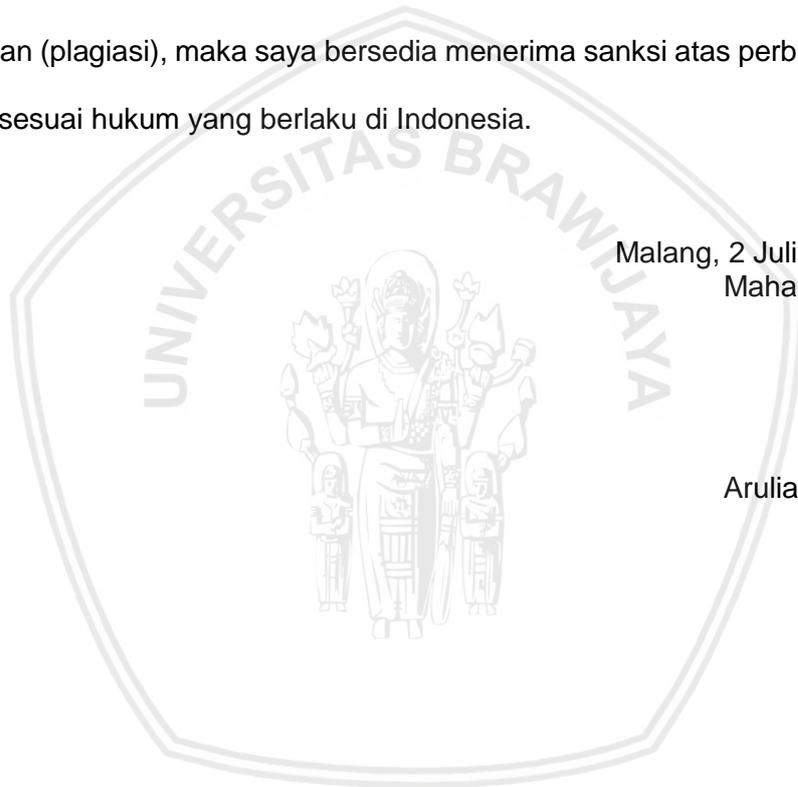
## HALAMAN ORISINILITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah saya tulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 2 Juli 2019  
Mahasiswa

Arulia Zalni



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu penulis dapat menyajikan usulan skripsi yang berjudul “Analisis Sebaran Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) melalui Penginderaan Jauh di Pantai Pasir Putih Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek” Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 5 Mei 2019

**Arulia Zalni**

## RINGKASAN

**Arulia Zalni.** Analisis Sebaran Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) melalui Penginderaan Jauh di Pantai Pasir Putih Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek.

(di bawah bimbingan **Dr.Ir. Umi Zakiyah, M.Si** dan **Arief Darmawan, S.Si, M.Sc**).

---

Kawasan Pesisir Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu kawasan yang terletak di Pesisir Selatan Jawa. Kondisi ekologi perairan dapat berubah dan dipengaruhi beberapa aspek. Salah satu aspek yang mempengaruhi adalah aktivitas manusia. Aktivitas manusia yang berlangsung di perairan dapat meningkatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan mempengaruhi jumlah fitoplankton dan klorofil-a. Salah satu penerapan revolusi di bidang perikanan dan kelautan adalah pendugaan kualitas perairan dengan penginderaan jauh. Data penginderaan jauh tersebut dapat diproses sesuai dengan faktor yang akan ditampilkan dan dapat diterapkan untuk menentukan sistem kesesuaian perairan terhadap kesuburan perairan berdasarkan beberapa parameter yang diperlukan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan, menganalisis nilai akurasi data *in situ* dan data citra satelit serta menganalisis hubungan klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM). Metode penelitian ini menggunakan metode survei. Terdapat 10 titik stasiun pengambilan sampel yang mewakili setiap wilayah pantai dengan aktivitas masyarakat yang berbeda-beda. Analisis data menggunakan regresi linier sederhana menggunakan MS. Excel 2016 dan analisis data citra Landsat 8 OLI (kanal citra 2 dan 3) dengan menggunakan perangkat lunak QGIS. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 30 Mei 2018 – 31 Mei 2018 di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Pengujian UPT Pengembangan Budidaya Air Payau Bangil, Pasuruan. Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel satu kali kemudian diuji kualitas airnya. Hasil dari penelitian menunjukkan data *in situ* rata-rata nilai TSM dan klorofil-a sebesar 68,61 mg/l dan 1,21 mg/m<sup>3</sup>. Kemudian, rata-rata TSM dan klorofil-a dari data citra satelit sebesar 70,45 mg/l dan 0,94 mg/m<sup>3</sup>. Nilai akurasi TSM dan klorofil-a dari hasil data *in situ* dan data citra sebesar 78,08% dan 74,73%. Analisis hubungan antara TSM dan klorofil-a adalah 76,86%, Sehingga dapat disimpulkan TSM sangat mempengaruhi Klorofil-a. Hasil pengukuran kualitas air didapatkan nilai suhu berkisar 26,80 – 27,54°C, kecerahan berkisar 58-79 cm, pH berkisar 8,27-8,34, nitrat berkisar 0,009 – 0,015 mg/l dan fosfat berkisar 0,1-0,32 mg/l. Hasil uji akurasi dari data *in situ* dengan data citra didapatkan hasil dibawah 80%, hal ini dikarenakan waktu pengambilan data *in situ* yang tidak sesuai dengan pengambilan data citra. Berdasarkan hasil penelitian nilai TSM masih di bawah baku mutu TSM air laut dan nilai klorofil-a dapat dikatakan baik karena nilainya <15. Terakhir, Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah nilai klorofil-a dan TSM di Pantai Pasir Putih Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek sebarannya hampir merata. Keakurasian data *in situ* dan data citra dari TSM dan klorofil-a rendah karena pengambilan data lapang dan waktu orbit citra memiliki jeda waktu beberapa hari serta ada hubungan antara TSM dengan klorofil-a setelah dilakukan analisis regresi linier sederhana. Penelitian terkait selanjutnya dianjurkan melakukan

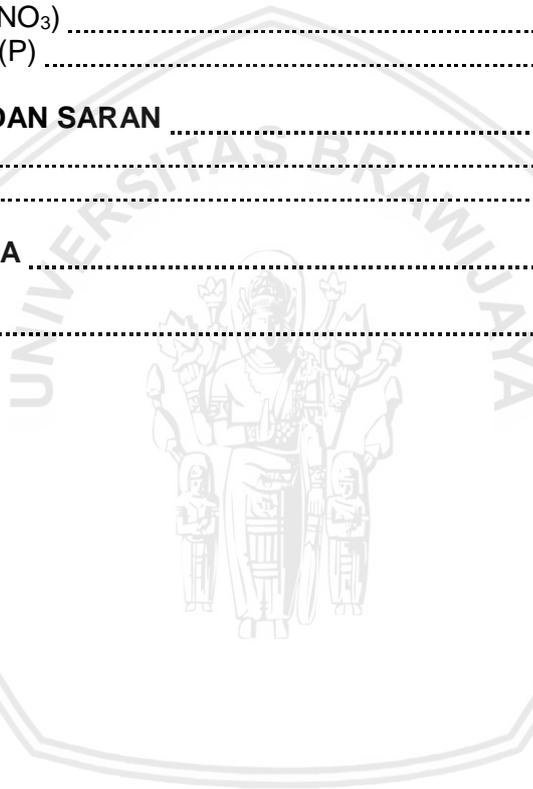
pengambilan data citra dan *in situ* di waktu yang sama dan menggunakan algoritma yang sesuai dengan lokasi penelitian agar nilai analisis relevan.



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>14</b>
1.1 Latar Belakang .....	14
1.2 Rumusan Masalah .....	16
1.3 Tujuan Penelitian .....	16
1.5 Kegunaan Penelitian .....	16
1.6 Tempat dan Waktu .....	17
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Pesisir .....	18
2.2 Fitoplankton .....	19
2.3 Klorofil-a .....	20
2.4 Produktivitas Primer .....	21
2.5 <i>Total Suspended Matter</i> (TSM) .....	22
2.6 Kualitas Air .....	23
2.6.1 Suhu .....	23
2.6.2 Unsur Hara .....	25
2.7 Penginderaan Jauh dan Citra Satelit .....	28
2.7.1 Citra Satelit Landsat .....	30
2.7.2 Landsat 8 OLI .....	31
2.7.3 Identifikasi Sebaran Klorofil-a dan TSM dari Inderaja .....	32
<b>3. MATERI DAN METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Materi Penelitian .....	35
3.2 Alat dan Bahan .....	35
3.1.1 Alat .....	35
3.1.2 Bahan .....	36
3.3 Metode Penelitian .....	37
3.4 Sumber Data .....	38
3.4.1 Data Primer .....	38
3.4.2 Data Sekunder .....	39
3.6 Stasiun Penelitian .....	39
3.7 Tahap Penelitian .....	41
3.7.1 Teknik Pengambilan Sampel dan Pengolahan data .....	42
3.8 Uji Akurasi Hasil Analisis Data <i>in Situ</i> dan Citra .....	50
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian .....	51

4.2 Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel .....	53
4.3 Hasil Pengukuran TSM <i>in Situ</i> dan Citra .....	54
4.3.1 Analisis TSM Berdasarkan Data <i>in Situ</i> .....	55
4.3.2 Analisis TSM Berdasarkan Data Citra .....	57
4.3.2 Uji Akurasi TSM Data <i>In Situ</i> dengan Citra Satelit .....	60
4.3 Hasil Klorofil-a Data <i>in Situ</i> dan Data Citra .....	61
4.3.1 Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data <i>in Situ</i> .....	62
4.3.2 Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data Citra .....	64
4.3.2 Uji Akurasi Klorofil-a <i>In Situ</i> dengan Data Citra Satelit .....	66
4.3 Hubungan Total Suspended Matter (TSM) dan Klorofil-a .....	67
4.3 Parameter Kualitas Air .....	71
4.3.1 Suhu .....	72
4.3.2 Kecerahan .....	73
4.3.2 pH .....	74
4.3.1 Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	76
4.3.2 Fosfat (P) .....	77
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>80</b>
5.1 Kesimpulan .....	80
5.2 Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>81</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>91</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Spesifikasi Citra Satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI.....	31
2. Spesifikasi Kanal-Kanal Spektrat Sensor Citra Landsat 8.....	31
3. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma .....	34
4. Alat-alat yang digunakan untuk Pengolahan Data Non Spasial ..	35
5. Alat-alat yang digunakan untuk Pengolahan Data Spasial .....	36
6. Bahan yang digunakan untuk Pengolahan Data Non Spasial.....	36
7. Bahan-bahan yang digunakan untuk Pengolahan Data Spasial ..	37
8. Titik Koordinat Pengambilan Sampel .....	40
9. Konsentrasi TSM berdasarkan Data <i>in Situ</i> dan Citra .....	55
10. Pengaruh Kadar Muatan Padatan Tersuspensi ke Perikanan ..	57
11. Konsentrasi Klorofil-a berdasarkan Data <i>in Situ</i> dan Citra .....	62
12. Hasil Pengukuran Kualitas Air .....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Distribusi suhu permukaan (atas) dan salinitas (bawah) lautan	24
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	41
3. Alur tahapan Penelitian	42
4. Diagram Pengolahan Data Citra Satelit	53
5. Peta Titik Pengambilan Sampel	56
6. Grafik Konsentrasi TSM <i>in Situ</i>	58
7. Peta Sebaran TSM Berdasarkan Data Citra	59
8. Grafik Konsentrasi TSM Berdasarkan Data Citra	61
9. Perbandingan Nilai TSM Berdasarkan Data Citra	63
10. Grafik Konsentrasi Klorofil-a berdasarkan Data <i>In Situ</i>	65
11. Peta Sebaran Klorofil-a berdasarkan Data Citra	66
12. Grafik Konsentrasi Klorofil-a berdasarkan Data Citra	67
13. Grafik Perbandingan Nilai Klorofil-a Data <i>In Situ</i> dan Citra	68
14. Sebaran TSM dan Klorofil-a	69
15. Grafik hubungan TSM dan Klorofil-a	69
16. Grafik Nilai Suhu	72
17. Grafik Nilai Kecerahan	73
18. Grafik Nilai pH	75
19. Grafik Nilai Nitrat	76
20. Grafik Nilai Fosfat	78

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Pribadi .....	91



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah pulau kurang lebih 17.504 pulau yang terdiri dari pulau besar dan kecil (Lasabuda, 2013). Luas Negara Republik Indonesia secara total adalah 8.300.000 km<sup>2</sup> dengan luas perairan mencapai 6.400.000 km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai sebesar 108.000 km. (Badan Informasi Geospasial Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI AL, 2018). Keadaan ini menyebabkan kawasan pesisir menjadi andalan sumber pendapatan masyarakat Indonesia (Tinambunan, 2015). Wilayah pesisir kaya akan sumberdaya alam yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat yang berdomisili di pesisir (Gultom *et al.*, 2015). Wilayah pesisir merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan dan aktifitas manusia (Refi,2013).

Pantai Pantai Pasir Putih berlokasi ±3 km sebelah timur Pantai Prigi, tepatnya terletak di Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo. Jarak Pantai Pasir Putih ini ±52 km arah selatan Kota Trenggalek. Luas Pantai Pasir Putih sekitar 4 ha dengan panjang 1 km. Gelombang di Pantai Pasir Putih relatif tenang. Pada Pantai Pasir Putih ini terdapat berbagai macam aktivitas mulai dari aktivitas wisata seperti kapal wisatawan, *banana boat* dan juga Keramba Jaring Apung (KJA) udang yang dikelola oleh salah satu warga desa Tasikmadu. Dalam pengoperasiannya, pemberian pakan udang dalam Keramba Jaring Apung (KJA) masih berlebihan sehingga banyak sisa pakan yang tidak termakan dan terbuang ke laut lepas. Menurut Guo & Li (2003), menyatakan lebih dari 85% nitrat dan fosfat dari pakan yang terbuang di daerah sekeliling Keramba Jaring Apung (KJA). Masuknya bahan organik seperti nitrat dan fosfat ke perairan dapat mempengaruhi kualitas air,

kemudian berpengaruh pada keberadaan organisme di perairan khususnya plankton yang merupakan organisme yang pertama merespon perubahan kualitas air (Abida, 2010).

Tingginya kandungan bahan organik akan mempengaruhi kelimpahan organisme (fitoplankton), dimana tidak semua organisme dapat bertahan terhadap tingginya bahan organik tersebut, sehingga dominasi organisme tertentu dapat terjadi (Zulkifli *et al.*, 2009). Peranan fitoplankton dalam suatu perairan yaitu sebagai dasar rantai makanan dan sebagai salah satu parameter tingkat kesuburan suatu perairan (Khasanah *et al.*, 2013). Fitoplankton sendiri merupakan tumbuhan yang memiliki klorofil-a yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi kimia yang diperlukan untuk melakukan proses fotosintesis (Ayuningsih *et al.*, 2014).

Kandungan klorofil-a pada fitoplankton menggambarkan jumlah fitoplankton dalam suatu perairan (Nufus *et al.*, 2017). Klorofil-a digunakan sebagai indikator terhadap kualitas perairan melalui biomassa fitoplankton, kandungan klorofil-a di dalam fitoplankton menggambarkan secara menyeluruh efek dari berbagai faktor yang terjadi karena aktivitas manusia (Marlian *et al.*, 2015). Kecerahan dan kekeruhan perairan mempengaruhi tinggi rendahnya kandungan klorofil-a, semakin keruh perairan dapat menghambat cahaya masuk ke perairan dan akan mempengaruhi fitoplankton sehingga proses fotosintesis tidak optimal (Merina *et al.*, 2016). Kekeruhan perairan yang disebabkan adanya *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan yang terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Suniada *et al.*, 2012).

Distribusi dan kelimpahan fitoplankton dapat diestimasi dari kandungan klorofilnya melalui teknologi penginderaan jauh, seperti dari citra

satelit Landsat. Citra Landsat bisa memberikan informasi data perairan berdasarkan nilai spektral obyek yang direkam oleh sensor Landsat (Nuriya *et al.*, 2010). Penelitian ini akan menganalisis sebaran klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) pada Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek berdasarkan analisis citra Landsat tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

*Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a merupakan pokok permasalahan yang akan dibahas. Sehingga permasalahan ini akan dijawab melalui kegiatan penelitian yang meliputi:

1. Bagaimana data *in situ* dan data citra satelit tentang sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) di wilayah Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek?
2. Bagaimana data *in situ* dan data citra satelit tentang sebaran Klorofil-a di wilayah Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek?
3. Bagaimana keakuratan data citra satelit dengan data *in situ*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan atas dasar tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis data *in situ* dan data citra satelit tentang sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) di wilayah Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.
2. Untuk menganalisis data *in situ* dan citra satelit tentang sebaran Klorofil-a di wilayah Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.
3. Untuk menganalisis keakuratan data citra satelit dengan data *in situ*.

#### 1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah data analisis *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a yang diperoleh dapat digunakan sebagai informasi bagi kalangan akademis, pemerintah dan instansi yang terkait untuk menentukan upaya pengelolaan sumberdaya perairan di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek dengan tepat, serta dapat bermanfaat sebagai penentuan penelitian selanjutnya terkait *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a.

#### 1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 30 Mei 2018 pukul 06.00 sampai dengan 10.00 WIB di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Pengambilan data lapang dilakukan di 10 stasiun dengan masing-masing satu titik. Pengukuran kualitas air dilakukan di Laboratorium Penguji UPT Pengembangan Budidaya Air Payau Bangil, Pasuruan pada tanggal 31 Mei 2018.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pesisir

Wilayah pesisir adalah wilayah pertemuan antara daratan dan laut, ke arah darat meliputi bagian daratan yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut dan intrusi garam, sedangkan ke arah laut mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang ada di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar serta daerah yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan (Nontji, 2002). Menurut Undang-Undang (UU) Nomor 1 tahun 2014, wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Karakteristik khusus dari wilayah pesisir antara lain: a. Suatu wilayah yang dinamis yaitu seringkali terjadi perubahan sifat biologis, kimiawi, dan geologis. b. Mencakup ekosistem dan keanekaragaman hayatinya dengan produktivitas yang tinggi yang memberikan tempat hidup penting buat beberapa jenis biota laut. c. Adanya terumbu karang, hutan bakau, pantai dan bukit pasir sebagai suatu sistem yang akan sangat berguna secara alami untuk menahan atau menangkal badai, banjir dan erosi. d. Dapat digunakan untuk mengatasi akibat-akibat dari pencemaran, khususnya yang berasal dari darat (Atmaja, 2010).

Saat ini perkembangan pembangunan di kawasan pesisir semakin berkembang pesat. Kondisi tersebut dapat terlihat dari semakin banyaknya wilayah pesisir yang dieksploitasi untuk berbagai tata guna, mulai dari pemanfaatan tradisional seperti pertanian dan perikanan sampai dengan yang paling kontemporer seperti kawasan pemukiman, kawasan industri, dan kawasan wisata (Delinom, 2007). Hal ini disebabkan oleh tuntutan

kebutuhan penduduk setempat yang terus bertambah dan keinginan pemerintah untuk memperoleh pendapatan daerah (Senoaji, 2009).

Berbagai komponen pada wilayah pesisir yang mengisi ruang wilayah (permukiman, kegiatan sumberdaya manusia, sumberdaya alam, sarana dan prasarana) yang saling berinteraksi dalam suatu bentuk saling ketergantungan yang teratur (Asyiwati dan Akliyah, 2014). Kompleksnya permasalahan di kawasan pesisir oleh interaksi antara manusia dan alam membutuhkan perencanaan dan penanganan untuk meminimalisir dampak pada wilayah pesisir (Dirhamsyah, 2006). Berubahnya fungsi perairan yang disebabkan oleh faktor-faktor yang berasal dari alam maupun dari aktivitas manusia menyebabkan peningkatan konsentrasi unsur hara sehingga melampaui jumlah kelimpahan fitoplankton yang dapat ditolerir organisme perairan lainnya (Djokosetiyanto dan Rahardjo, 2006).

## 2.2 Fitoplankton

Fitoplankton merupakan organisme yang berukuran sangat kecil yang hidup di daerah yang mengandung air (A'Ayun *et al.*, 2015). Fitoplankton mempunyai peranan yang sangat penting dalam ekosistem perairan, sama pentingnya dengan peranan tumbuh-tumbuhan hijau yang lebih tingkatannya di ekosistem daratan. Fitoplankton juga merupakan produsen utama (*primary producer*) zat-zat organik dalam ekosistem perairan, seperti tumbuh-tumbuhan hijau yang lain. Fitoplankton membuat ikatan-ikatan organik sederhana melalui fotosintesa (Hutabarat dan Evans, 1986).

Fitoplakton dikelompokkan dalam 5 divisi yaitu: Cyanophyta, Crysophyta, Pyrrophyta, Chlorophyta dan Euglenophyta (hanya hidup di air tawar), semua kelompok fitoplankton ini dapat hidup di air laut dan air tawar

kecuali Euglenophyta (Sachlan, 1982). Fitoplankton yang dapat tertangkap dengan 6 planktonet standar adalah fitoplankton yang memiliki ukuran  $\geq 20$   $\mu\text{m}$ , sedangkan yang biasa tertangkap dengan jaring umumnya tergolong dalam tiga kelompok utama yaitu diatom, dinoflagellata dan alga biru (Nontji, 1993).

Fitoplankton mampu berfotosintesis dengan adanya pigmen klorofil, dan dengan adanya bantuan sinar matahari akan mengubah garam-garam mineral, air dan karbon dioksida menjadi senyawa organik seperti karbohidrat (Aryawati dan Thoaha, 2011). Fitoplankton mengandung klorofil-a, sehingga tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton dapat mempengaruhi besar kecilnya kandungan klorofil-a di suatu perairan (Thurman, 1994). Beberapa faktor lainnya yang dapat menyebabkan kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tidak selalu berkorelasi secara nyata dengan kandungan klorofil-a adalah proporsi klorofil-a yang berbeda pada setiap jenis fitoplankton di perairan (Aryawati dan Thoaha, 2011).

### 2.3 Klorofil-a

Klorofil-a merupakan pigmen aktif yang sangat penting dalam proses fotosintesis dan pembentukan bahan organik di perairan. Keberadaannya di dalam sel fitoplankton sangat menentukan kelangsungan rantai makanan dalam suatu ekosistem. Dewasa ini kandungan klorofil-a telah lama digunakan sebagai metode mengukur biomassa fitoplankton untuk menduga berbagai bentuk kualitas di suatu perairan. Gupta (2014) mengatakan bahwa kandungan klorofil-a dalam suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan perairan, sebagai indikator ukuran kualitas perairan, yaitu sebagai petunjuk ketersediaan nutrisi di perairan (Trevor *et al.*, 1998), serta sebagai indikator terjadinya eutrofikasi di suatu perairan

(Bricker *et al.*, 1999). Boyer *et al.*, (2009) menambahkan bahwa klorofil-a telah digunakan sebagai indikator terhadap kualitas perairan, karena klorofil-a merupakan indikator biomassa fitoplankton, di mana kandungannya menggambarkan secara menyeluruh efek dari berbagai faktor yang terjadi karena aktivitas manusia.

Hakanson dan Bryann (2008), telah membagi empat tingkatan status trofik atau tingkat kesuburan perairan pesisir dan estuaria yang terdiri dari oligotropik, mesotropik, eutropik, dan hipertropik. Kriteria pembagian kondisi perairan didasarkan pada kandungan klorofil-a adalah sebagai berikut: perairan dengan konsentrasi klorofil-a  $20 \text{ mg/m}^3$  dikategorikan ke dalam perairan hipertrofik.

Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan. Beberapa parameter fisika kimia yang mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya dan nutrisi. Perbedaan parameter tersebut menjadi penyebab bervariasinya produktivitas primer di beberapa tempat di laut (Samawi, 2007). 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.

#### **2.4 Produktivitas Primer**

Pengukuran produktivitas primer fitoplankton merupakan satu syarat dasar untuk mempelajari struktur dan fungsi ekosistem perairan (Gocke dan Lenz 2004). Produktivitas primer adalah laju produksi karbon organik per

satuan waktu yang merupakan hasil penangkapan energi matahari oleh tumbuhan hijau untuk diubah menjadi energi kimia melalui fotosintesis (Michael, 1995; Odum, 1993). Produktivitas primer kotor adalah jumlah total fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan produktivitas primer bersih adalah besarnya sintesis senyawa karbon organik selama proses fotosintesis dikurangi besarnya aktivitas total respirasi pada terang dan gelap dalam jangka waktu tertentu (Folkowski dan Raven, 1997). Besarnya produktivitas primer suatu perairan mengindikasikan besarnya ketersediaan nutrisi terlarut (Krismono dan Kartamihardja, 1995).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai produktivitas primer suatu perairan, salah satunya adalah keberadaan beberapa bioelemen perairan. Bioelemen terpenting terdiri dari nitrogen (Dore *et al.*, 2002) dan fosfat (Benitez-Nelson dan Karl, 2002). Unsur-unsur bioelemen ini ketersediaannya di perairan bervariasi dan saling mempengaruhi dalam memberikan kontribusi bagi produktivitas primer fitoplankton (Rost *et al.*, 2003). Unsur nitrogen dan fosfat dibutuhkan dalam jumlah besar akan tetapi ketersediaannya hanya dalam jumlah sedikit sehingga menjadi pembatas bagi pertumbuhan fitoplankton (Cloern, 2002).

## **2.5 Total Suspended Matter (TSM)**

*Total Suspended Matter* (TSM) merupakan material tersuspensi (diameter > 1 $\mu$ m) yang tertahan pada saringan *millipore* dan terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik (Effendi, 2003). Pada umumnya TSM terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Pengamatan terhadap sebaran TSM sering dilakukan

untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, karena nilai TSM yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air (Budhiman, 2005).

Pengamatan sebaran TSM dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, nilai TSM yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air (Budhiman, 2005). Proses erosi yang terbawa oleh aliran sungai ataupun yang langsung masuk ke badan air merupakan salah satu penyebab utama tingginya padatan tersuspensi (TSM) di perairan (Suniada *et al.*, 2012). Sulma *et al.*, (2008), menambahkan bahwa padatan tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia, kotoran hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan serta limbah industri.

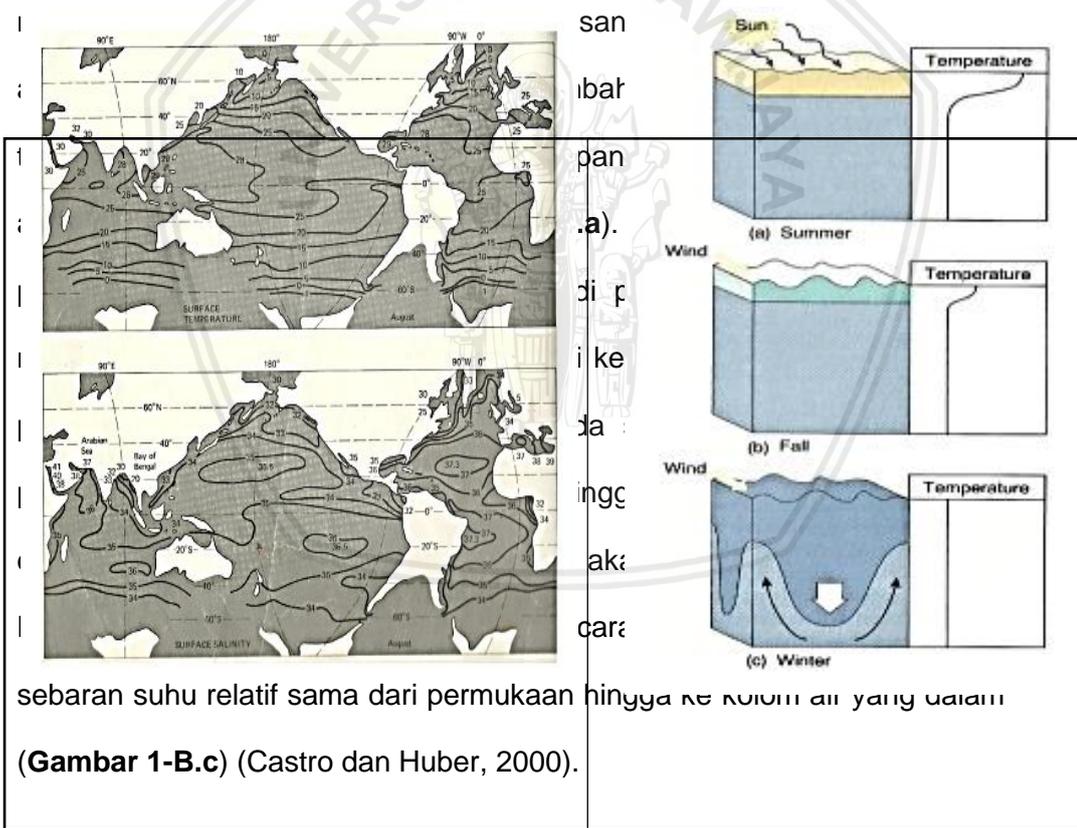
## **2.6 Kualitas Air**

### **2.6.1 Suhu**

Suhu di laut merupakan faktor yang penting bagi kehidupan organisme laut. Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan organisme (Hutabarat dan Evans, 1986). Suhu diukur dengan satuan derajat. Satu derajat celsius ( $1^{\circ}\text{C}$ ) sama dengan 1,8 derajat Fahrenheit ( $1,8^{\circ}\text{F}$ ). Suhu dapat juga didefinisikan sebagai pengukuran langsung terhadap rata-rata energi kinetik yang membentuk substansi yang dapat memberikan respons terhadap masukan atau keluaran panas (Garrison, 2006). Energi kinetik yang dimaksud merupakan energi gerak, sehingga semakin tinggi suhu, semakin besar kecepatan molekul pada substansi di mana suhu diukur (Thurman, 1993). Suhu alami air laut berkisar

antara suhu di bawah  $-5^{\circ}\text{C}$  sampai lebih dari  $33^{\circ}\text{C}$  (Bhatt, 1978) (**Gambar 1-A**).

Suhu merupakan parameter fisik perairan yang penting. Suhu permukaan laut di seluruh dunia sangat bervariasi. Suhu di bawah permukaan bervariasi tergantung kedalaman, sirkulasi udara, turbulensi, lokasi geografi dan jarak dari sumber panas (sebagai contoh gunung berapi) (Bhatt, 1978). Suhu perairan dapat diukur menggunakan alat pengukur suhu yang biasa disebut *thermometer*. Sebaran suhu di kolom perairan laut secara vertikal pada daerah iklim sedang (subtropis) dan kutub relatif tidak sama pada musim berbeda (**Gambar 1-B**). Pada saat musim panas (*summer*) di



sebaran suhu relatif sama dari permukaan hingga ke kedalaman yang dalam (**Gambar 1-B.c**) (Castro dan Huber, 2000).

(a)

(b)

(c)

(A)

(B)

**Gambar 1.** (A) Distribusi suhu permukaan (atas) dan salinitas (bawah) di lautan.  
(B) Sebaran Suhu di Daerah *Temperate* dan Kutub

### 2.6.2 Unsur Hara

Unsur hara merupakan faktor penting dalam proses produksi fitoplankton. Unsur hara ini ada yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, ada pula yang sedikit. Parsons *et al.*, (1984) membagi nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan termasuk fitoplankton menjadi dua bagian yaitu: (1) nutrisi makro, dibutuhkan dalam jumlah yang banyak dan (2) nutrisi mikro, dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Elemen-elemen yang termasuk nutrisi makro antara lain C, H, N, P, Mg, dan Ca, sedangkan yang dibutuhkan dalam konsentrasi sangat kecil termasuk nutrisi mikro antara lain Fe, Mn, Cu, Si, Zn, Na, Mo, Cl, V, dan Co.

Menurut Hecky dan Kilham (1988) tiga unsur nutrisi utama yang dibutuhkan fitoplankton adalah P (fosfat), N (nitrogen), dan Si (silikat). Kebutuhan akan nutrisi sangat berbeda antara fitoplankton yang hidup di perairan tawar maupun perairan laut. Howarth (1988) menyatakan bahwa umumnya komposisi unsur-unsur C:N:P pada fitoplankton laut mengikuti rasio Redfield yaitu 106:16:1, atau sedikit di bawah rasio tersebut.

Tumbuhan memanfaatkan nitrogen dalam bentuk senyawa anorganik, seperti  $\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_3$ . Nitrogen diserap oleh fitoplankton dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ). Fitoplankton lebih menyukai menyerap ammonia daripada nitrat karena lebih banyak dijumpai baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik (Welch, 1980). Selain itu, ammonia dapat secara langsung digunakan untuk sintesis asam amino tanpa merubah fase oksidasi (Levinton, 1982). Menurut Effendi (2000), senyawa nitrogen sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen bebas dalam air. Pada saat kandungan oksigen rendah nitrogen berubah menjadi ammonia dan saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat.

Fosfor tersedia di laut dalam bentuk fosfat ( $\text{PO}_4$ ) terikat dalam berbagai molekul biologi seperti asam-asam amino, ADP, dan ATP (Miller, 2004). Menurut Goldman dan Horne (1983) fitoplankton hanya dapat menggunakan fosfor dalam bentuk fosfat ( $\text{PO}_4$ ) untuk pertumbuhan. Parsons *et al.*, (1984) menyatakan bahwa fosfor di air laut berada dalam tiga bentuk utama yaitu fosfor anorganik terlarut, fosfor organik terlarut, dan fosfor partikulat. Fosfor merupakan salah satu unsur penting dalam pertumbuhan dan metabolisme tubuh diatom. Konsentrasi fosfor di perairan umumnya berkisar dari 0.001 sampai 0.005 ppm (Boyd, 1981).

Silikon merupakan unsur kedua setelah oksigen yang cukup melimpah di alam (25,75%), yang terutama bersumber dari batuan granit. Batuan ini menyebar di sekitar teluk dan mencapai pula sungai. Secara alami, pencucian silikon batuan akan menjadi sumber penting silikon di laut, yang dibawa oleh aliran sungai ke dalam teluk, dan menyebabkan konsentrasi silikat meningkat di perairan pantai dan estuari (Yang *et al.*, 2005). Ditambahkan bahwa, hanya diatom dan beberapa flagellata dari Chrysophyceae yang membutuhkan sejumlah besar silikon. Silikat diserap

oleh fitoplankton dalam bentuk  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Kebanyakan dari senyawa ini digunakan untuk membangun dinding sel fitoplankton dan sisanya untuk mengatur biosintesis dalam fitoplankton.

Asam silika adalah suatu unsur air laut penting untuk dinding sel diatom. Berkurangnya silika dapat menghambat pembelahan sel dan dapat menekan aktivitas metabolisme sel. Di perairan alami, pengurangan silika dapat membatasi populasi fitoplankton dan dapat pula menyebabkan suksesi fitoplankton dari diatom ke fitoplankton yang tidak membutuhkan silika (Levinton, 1982).

Respon komunitas fitoplankton terhadap peningkatan konsentrasi unsur hara di ekosistem perairan pantai memiliki hubungan penting dalam ekologi laut dan memiliki implikasi yang luas dalam bentuk kualitas air maupun perikanan. Siklus tahunan produktivitas fitoplankton diatur oleh PAR (*Photosynthetically Available Radiation*), suhu dan regenerasi nitrogen. Variasi antar tahunan dan variasi musiman dalam biomassa fitoplankton terjadi karena berkaitan dengan responnya terhadap variasi dalam masukan air tawar dan dengan variasi masukan nitrat (Malone *et al.*, 1988).

Umumnya unsur hara yang paling membatasi pertumbuhan fitoplankton di air tawar adalah fosfor dan di laut adalah nitrogen. Pada zona eufotik dari kebanyakan perairan, penyerapan fitoplankton mengurangi unsur-unsur tersebut ke konsentrasi yang sangat rendah. Rasio atom dari ketersediaan N:P dalam sistem air tawar secara umum lebih besar dari 15:1, rasio yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton. Di perairan laut, rasio ketersediaan N:P cenderung sama atau lebih rendah dari rasio Redfield 16:1. Rasio N:P yang lebih tinggi di perairan tawar mengindikasikan bahwa P merupakan unsur pembatas di perairan tawar. Di sisi lain, pada perairan pantai N biasanya merupakan nutrisi pembatas. Hasil ini sesuai dengan

rasio N:P yang relatif rendah yang dijumpai pada sistem perairan laut (Caraco *et al.*, 1987).

Bukti yang mendukung nitrogen sebagai nutrisi pembatas di perairan laut dikemukakan pula oleh Gibbs dan Vant (1997) bahwa di perairan laut terdapat kekurangan  $\text{NH}_4$  dan  $\text{NO}_3$ , sedangkan  $\text{PO}_4$  terdapat dalam jumlah yang melimpah dan tidak pernah berkurang sepanjang periode studi tersebut. Hasil ini didukung pula oleh percobaan pengayaan nutrisinya, yang menunjukkan bahwa penambahan  $\text{NH}_4$  meningkatkan laju pertumbuhan fitoplankton hingga 15 kali lipat, sedangkan penambahan  $\text{PO}_4$  memperlihatkan perbedaan yang kecil dengan kontrol.

Smith (2006) menyatakan bahwa di kebanyakan perairan pantai yang memiliki sensitivitas terhadap nutrisi, eutrofikasi dapat menyebabkan peningkatan laju produktivitas primer, perubahan biomassa alga dan tumbuhan makro, pergantian dalam komposisi jenis alga dan tumbuhan makro, pengurangan populasi ikan dan kerang-kerangan, pengurangan kecerahan, kehilangan keanekaragaman habitat perairan yang cocok, dan penurunan oksigen di perairan dasar. Selanjutnya dikatakan bahwa, rata-rata konsentrasi klorofil-a di perairan pantai dan estuari sangat tergantung pada konsentrasi rata-rata dari total nitrogen dan fosfor pada kolom air tersebut. Lebih jauh, rasio TN:TP di kolom air dapat dijadikan indikator terhadap unsur hara yang potensial membatasi pertumbuhan fitoplankton.

## 2.7 Penginderaan Jauh dan Citra Satelit

Penginderaan jauh yaitu berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Lindgren, 1985 *dalam* Sutanto, 1986). Hasil dari rekaman tersebut

berupa data penginderaan jauh yang dalam penerapannya disebut citra penginderaan jauh. Ada dua macam citra yang dihasilkan dari produk penginderaan jauh, citra foto dan citra nonfoto (satelit). Citra foto dihasilkan dari pemotretan foto udara dengan sensor berupa kamera. Sensor tersebut di pasang pada wahana seperti pesawat terbang, balon udara, atau bahkan pesawat tanpa awak (*remote control*). Adapun citra nonfoto adalah citra yang dihasilkan dari pemotretan dengan satelit sebagai wahananya.

Citra hasil rekaman sensor penginderaan jauh memuat berbagai macam informasi objek di permukaan bumi. Untuk dapat dimanfaatkan secara optimal, maka citra ini harus diterjemahkan dalam bentuk informasi tentatif objek. Setiap objek di permukaan bumi memiliki nilai reflektansi yang berbeda-beda. Interaksi gelombang elektromagnetik dengan objek di permukaan bumi inilah yang nantinya dijadikan dasar pengenalan objek. Tahap awal pengenalan citra inilah yang disebut dengan interpretasi citra. Estes dan Simonette (1975) dalam Sutanto (1986) mengatakan bahwa interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Dalam hal ini dibutuhkan unsur-unsur pengenal objek ataupun gejala yang terekam pada citra. Unsur-unsur inilah yang dinamakan unsur interpretasi.

Ada 9 jenis unsur interpretasi, rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi, bayangan, situs dan asosiasi (Estes *et al.*, 1983 dalam Sutanto, 1986). Tidak mutlak ke 9 unsur interpretasi tersebut digunakan secara serentak untuk menginterpretasi objek. Melalui latihan menginterpretasi citra baik di laboratorium maupun observasi lapangan secara langsung akan dapat dikenali unsur-unsur interpretasi apa saja yang paling berperan dalam identifikasi objek di permukaan bumi. Unsur

interpretasi yang paling berperan inilah yang kemudian disebut kunci interpretasi.

Menurut Sabins (1997), kunci interpretasi adalah karakteristik atau kombinasi karakteristik (dalam hal ini diwakili oleh unsur-unsur interpretasi) yang memungkinkan suatu objek pada citra dapat dikenali. Interpretasi citra pada dasarnya terdiri dari dua proses, yakni proses perumusan identitas objek dan elemen yang dideteksi pada citra dan proses untuk menemukan arti pentingnya objek dan elemen tersebut (Lo dalam Sutanto, 1986). Hasil dari proses inilah yang kemudian dikelompokkan berdasarkan homogenitasnya, jadi dapat dikatakan bahwa proses interpretasi pada dasarnya adalah mengelompokkan karakteristik atau fenomena di permukaan bumi berdasarkan kemiripan atau homogenitasnya membentuk suatu pola tertentu.

Menurut Sutanto (1986), interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara visual atau manual dan interpretasi secara digital. Manual dengan memanfaatkan penginderaan melalui citra sedangkan interpretasi digital dilakukan dengan mendasarkan pada informasi spektralnya. Proses interpretasi yang untuk selanjutnya dilakukan klasifikasi adalah elemen yang sangat penting dalam menentukan sukses tidaknya proses pemetaan. Banyak metode klasifikasi yang masih digunakan hingga saat ini, terutama untuk klasifikasi digital. Beberapa metode klasifikasi digital yang umum digunakan antara lain klasifikasi multispektral, jaringan saraf tiruan, logika samar dan klasifikasi berorientasi obyek. Sejauh ini hanya dikenal dua proses interpretasi, yakni manual dan digital. Masing-masing dari interpretasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya.

Dalam rangka mereduksi kekurangan dan mengoptimalkan kelebihanannya maka dikembangkanlah satu teknik interpretasi dengan menggabungkan baik interpretasi digital maupun interpretasi manual untuk mengidentifikasi objek tertentu di permukaan bumi. Teknik interpretasi inilah yang kemudian disebut dengan interpretasi hibrida. Adapun interpretasi hibrida menurut Suharyadi (2010) adalah teknik yang mengkombinasikan antara interpretasi visual untuk delineasi objek dan menggunakan prinsip-prinsip pola pengenalan spektral secara digital untuk identifikasi objeknya.

### 2.7.1 Citra Satelit Landsat

Citra satelit Landsat adalah sistem yang pertama kali dirancang untuk menyediakan cakupan bumi secara menyeluruh yang dekat dari permukaan bumi, yang berputar secara teratur dan dapat diprediksi (John dan Xiuping, 1998). Landsat merupakan salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk penginderaan jauh. Landsat dirancang sebagai percobaan untuk menguji kelayakan pengumpulan data observasi Bumi multi-spektral dari *platform* satelit tak berawak. Awalnya Landsat dikelola oleh NASA, kemudian tanggung jawab untuk program Landsat dipindahkan ke NOAA pada tahun 1983. Pada tahun 1985, program ini dikomersialkan, menyediakan data untuk pengguna sipil dan penggunaanya (CCRS, 2013). Adapun spesifikasi citra satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI tersaji dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1. Spesifikasi Citra Satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI**

Spesifikasi	Landsat 5 TM	Landsat 8 OLI
Tahun Peluncuran	Maret 1984	Februari 2013
Sensor	<i>Thematic Mapper</i>	<i>Operational Land Imager</i>
Ukuran Gambar	170 km x 185 km	170 km x 185 km
Periode Orbit	16 hari	16 hari

Jumlah Kanal	7	9
Ketinggian Orbit	705 km	705 km
Sudut Kemiringan	98,2°	98,2°
Resolusi	30 x 30 m	30 m

Sumber : USGS (2017)

### 2.7.2 Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*)

Landsat generasi baru atau yang sekarang sering digunakan adalah Landsat 8. Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* dengan jumlah kanal atau saluran sebanyak 11 buah. Sembilan diantara sebelas kanal tersebut berada di sensor OLI dan dua lainnya (kanal 11 dan 12) pada TIRS (**Tabel 2**).

**Tabel 2. Spesifikasi Kanal-Kanal Spektral Sensor Citra Landsat 8 OLI-TIRS**

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)	Band	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)
dan	Band 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
	Band 2 – Blue	0.45 – 0.51	30
	Band 3 – Green	0.53 – 0.59	30
	Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30
	Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
	Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
	Band 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 8 – Panchromatic	0.50 – 0.68	15
	Band 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
	Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
	Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

Sumber: Andana (2015)

### 2.6.3 Identifikasi Sebaran Klorofil-a dan TSM dari Penginderaan Jauh

Dalam identifikasi sebaran Klorofil-a, terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan nilai klorofil-a yang dilakukan dengan penginderaan jauh satelit Landsat 8 OLI. Algoritma tersebut yakni sebagai berikut:

**A. Algoritma Pentury (1997)**

Ekstraksi nilai konsentrasi klorofil-a menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Pentury (1997), yang disesuaikan dengan nilai konsentrasi klorofil-a *in situ* dan menggunakan nilai reflektansi Landsat 8 daerah penelitian, sehingga persamaan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$Chl - a = 0.067 \frac{\lambda_{hijau}}{\lambda_{biru}} + 0.126 \dots\dots\dots(1)$$

Chl-a adalah konsentrasi klorofil-a citra satelit (mg/m<sup>3</sup>), λ hijau adalah nilai reflektansi pada panjang gelombang hijau dan λ biru adalah nilai reflektansi pada panjang gelombang biru.

**B. Algoritma Nuriya et al., (2010)**

Algoritma yang digunakan untuk klorofil-a menggunakan algoritma Nuriya et al., (2010), karena dalam penelitian digunakan data citra Landsat 8, maka formulasi algoritma tersebut sedikit mengalami perubahan rasio *band*. Rasio *band* yang digunakan menyesuaikan panjang gelombang rasio *band* dalam algoritma Nuriya et al., (2010) adalah *Band 6*, *Band 5*, dan *Band 4*. Sehingga pada pengolahannya pada data citra Landsat 8 algoritma yang digunakan seperti berikut:

$$C = 0,2818 \times \left( \frac{B5 + B6}{B4} \right)^{3,497} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

C : Konsentrasi klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)

B4 : Nilai reflektansi kanal 4 Landsat 8



B5 : Nilai reflektansi kanal 5 Landsat 8

B6 : Nilai reflektansi kanal 6 Landsat 8

Dikarenakan pada algoritma ini digunakan nilai reflektansi, maka data citra harus diekstrak terlebih dahulu dari nilai DN (*digital number*) ke nilai radiansi. Kemudian dari nilai radiansi ke nilai Reflektansi.

### C. Algoritma Jaelani (2015)

Untuk mendapatkan nilai reflektan yang sama dengan reflektan *in situ*, maka reflektan yang telah terkoreksi dari efek atmosfer, baik SR-6SV, SRFlaash, dan SR-L dibagi dengan  $\pi$  untuk mendapatkan  $Rrs(\lambda)$  (satuan  $sr^{-1}$ ). Langkah berikutnya adalah memproses  $Rrs(\lambda)$  menggunakan algoritma Chl-a Jaelani untuk menghasilkan konsentrasi Chl-a estimasi pada masing-masing data  $Rrs(\lambda)$  baik dari  $Rrs(\lambda)$ -6SV,  $Rrs(\lambda)$ -Flaash, dan  $Rrs(\lambda)$ -L. Algoritma Chl-a Jaelani dapat dilihat di persamaan berikut.

$$\text{Log (Chl-a)} = -0,9889 \times (Rrs_4/Rrs_5) + 0,3619 \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$Rrs_4$  = Reflektansi *Band 4*

$Rrs_5$  = Reflektansi *Band 5*

Algoritma yang digunakan untuk identifikasi TSM dalam menentukan nilai dalam pengideraan jauh menggunakan citra satelit Landsat 8 OLI yaitu:

#### a. Algoritma Budhiman (2004)

$$\text{TSM (mg/l)} = 8,1429 \times \text{Exp} (23,704 \times 0,94 \times \text{Band 4})$$

#### b. Algoritma Guzman dan Santaella (2009)

$$\text{TSM (mg/l)} = 602,63 \times (0,0007e^{47.755 \times \text{Landsat BAND 4}}) + 3,1481$$

#### c. Algoritma Laili (2015)

$$\text{TSM (mg/l)} = 31,42 \times ((\text{Log} (Rrs_2) / (\text{Log} (Rrs_4)) - 12,719$$

Dimana:

$Rrs_4$  = Reflektansi *Band* 4

$Rrs_5$  = Reflektansi *Band* 5

Berdasarkan percobaan pada masing-masing penelitian dapat diketahui kelebihan dan kelemahan dari beberapa algoritma tersebut yang tertera pada

**Tabel 3.**

**Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma**

Algoritma	Kelebihan	Kekurangan
Jaelani (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat keakuratan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algoritma belum sesuai digunakan pada daerah tertentu</li> </ul>
Nuriya <i>et al.</i> (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perhitungan sederhana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil nilai korelasi lapang dan citra yang lemah dibandingkan algoritma jaelani</li> </ul>
Budhiman (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perhitungan lebih sederhana dibandingkan algoritma lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki hasil nilai korelasi lapang dan citra paling lemah dibandingkan pada algoritma Guzman dan Laili</li> </ul>
Guzman dan Santaella (2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memiliki nilai korelasi lebih kuat pada hasil data lapang dan citra dibandingkan algoritma Budhiman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algoritma belum sesuai digunakan pada daerah tertentu</li> </ul>
Laili (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempunyai nilai korelasi data lapang dan citra paling kuat dibandingkan algoritma Budhiman dan Guzman</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algoritma masih belum sesuai pada daerah tertentu</li> </ul>

### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi pada penelitian ini yaitu distribusi *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Sampel air diuji di Laboratorium dan penentuan dari data citra Landsat serta analisis parameter kualitas air yaitu Klorofil-a , *Total Suspended Matter* (TSM), suhu, kecerahan, pH, nitrat dan fosfat.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat bahan yang dibutuhkan untuk pengukuran *in situ*, laboratorium dan pengolahan data.

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan alat standar untuk digunakan dalam teknik pengambilan sampel, pengukuran di laboratorium dan pengolahan data sampel yang didapatkan. Adapun alat-alat yang digunakan untuk pengambilan sampel dan pengukuran sampel di laboratorium dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 4. Alat-alat yang digunakan untuk Pengolahan Data Non**

#### Spasial

No	Alat	Kegunaan
1	GPS	Untuk panduan menuju titik lokasi agar sesuai dengan peta lokasi yang sudah ditentukan
3	Pipet Tetes	Untuk pengambilan larutan dalam skala $10^{-10}$
4	Gelas Ukur	Untuk mengukur sampel yang akan digunakan
5	Desikator	Untuk mengeringkan sampel yang sudah difilter
10	Kertas saring	Untuk memisahkan sampel air dari seresh
12	Secchi disk	Untuk mengukur nilai kecerahan perairan
13	Spektrofotometer	Untuk mengukur nilai absorban
15	Tabung reaksi	Untuk wadah <i>centrifuge</i>
16	Cuvet	Untuk wadah sampel setelah di- <i>cetrifuge</i>

17	Mortal alu	Untuk menghaluskan sampel
18	AAQ	Untuk mengukur Klorofil-a, pH, suhu
18	<i>Centrifuge</i>	Untuk memisahkan cairan dan padatan
19	Vacum Pump	Untuk membantu proses penyaringan sampel

Pengolahan data spasial citra dilakukan untuk mendapatkan hasil

nilai dari data citra satelit *Landsat 8*. Data citra yang diunduh tidak dapat langsung diketahui nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a, perlu beberapa langkah pengolahan terlebih dahulu sehingga dibutuhkan beberapa perangkat alat pengolahan data citra. Daftar alat-alat yang digunakan untuk pengolahan data spasial citra ditampilkan pada **tabel 5** sebagai berikut:

**Tabel 5. Alat-alat yang digunakan untuk Pengolahan Data Spasial**

No	Alat	Kegunaan
1	Laptop 64-bit	Untuk menjalankan software pengolahan data citra satelit
2	<i>Software Qgis</i>	Untuk pengolahan data citra satelit
3	Previsat	Untuk memprediksi kedatangan satelit di lokasi penelitian

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan standar untuk dibutuhkan dalam teknik pengambilan sampel, pengukuran di laboratorium dan pengolahan data sampel yang didapatkan. Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pengambilan sampel dan pengukuran di laboratorium pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6. Bahan-bahan yang digunakan untuk Pengolahan Data Non Spasial**

No	Bahan	Kegunaan
1	Air Laut	Untuk sampel yang diukur nilai TSM dan klorofil-anya.
2	MgCO <sub>3</sub>	Untuk menyaring air laut dan sampel klorofil-a
3	<i>Aceton</i>	Untuk melarutkan bahan organik
4	Aquades	Untuk membersihkan alat sebelum dan sesudah digunakan

5	NH <sub>4</sub> OH	Sebagai indikator warna kuning, penyuplai ion H <sup>+</sup> dan pelarut lemak
6	amonium molybdat	Untuk mengikat fospat di perairan menjadi fosfomolybdate
7	SnCl <sub>2</sub>	Sebagai indikator warna biru
8	asam fenol disulfonik	Untuk melarutkan kerak nitrat
9	Larutan blanko	Sebagai larutan pembanding
10	Alumunium voil	Untuk membungkus botol sampel

Pengolahan data spasial citra dilakukan untuk mendapatkan hasil nilai dari data citra satelit *Landsat 8*. Data citra yang diunduh tidak dapat langsung diketahui nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a, perlu beberapa langkah pengolahan terlebih dahulu. Bahan yang diolah tidak hanya berupa data citra saja melainkan membutuhkan beberapa bahan pendukung agar pengolahan data citra dapat lancar dilakukan. Bahan-bahan yang diperlukan dalam pengolahan data spasial citra dapat dilihat pada **tabel 7** sebagai berikut:

**Tabel 7. Bahan-bahan Yang Digunakan Untuk Pengolahan Data Spasial**

No	Bahan	Fungsi
1	Landsat 8	Untuk mengolah data Klorofil-a dan TSM
2	Peta rupa bumi	Untuk acuan peta dasar
3	Peta administrasi Kabupaten Trenggalek	untuk menentukan batas wilayah penelitian

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif yaitu membuat gambaran mengenai situasi kejadian – kejadian tidak terbatas pada pengumpulan data, tetapi juga menganalisis dan terdapat pembahasan dari data yang telah dikumpulkan. Metode deskriptif bermaksud membuat gambaran mengenai situasi kejadian – kejadian dan bertujuan untuk menggambarkan sistematis, nyata dan akurat mengenai fakta – fakta dan sifat – sifat populasi daerah tertentu

(Suryabrata, 1989). Pendekatan deksriptif dilakukan dengan cara mendeksripsikan sebaran Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek serta melihat pengaruh dari Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) terhadap keberadaan aktivitas manusia dan produktivitas perikanannya.

### 3.4 Sumber Data

Sumber data penelitian merupakan subjek dari data penelitian yang didapatkan. Sumber data dapat berupa benda, gerak, manusia, tempat dan lain sebagainya. Penelitian ini menyajikan data yang berasal dari dua sumber, diantaranya adalah data primer dan data sekunder.

#### 3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari subjek penelitian dengan menggunakan alat pengambilan secara langsung sebagai sumber informasi. Pengambilan data primer bersifat terbaru yaitu diperoleh secara langsung dari narasumber atau koresponden (Roymond, 2006). Data primer disebut juga sebagai informasi utama yang dikumpulkan untuk melakukan pengamatan. Pengambilan data primer pada penelitian ini meliputi data kualitas air berupa suhu, kecerahan, pH, nitrat, fosfat, TSM dan Klorofil-a.

- **Observasi**

Observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data dengan mengamati langsung di lapangan. Observasi dibagi menjadi dua yaitu: Observasi partisipatif dan Observasi non partisipatif (Arifin, 1987). Dalam penelitian observasi dilakukan dengan melihat dan mencatat zona atau kawasan yang diamati, seperti titik koordinat, letak stasiun, dan kondisi

perairan di stasiun pengambilan sampel. Kemudian data observasi dapat didukung dengan dokumentasi selama penelitian.

- **Wawancara**

Memperoleh informasi dari pihak – pihak yang terkait tidaklah cukup dengan cara observasi, karena dapat dilakukan dengan wawancara. Menurut Arifin (1987), wawancara merupakan proses interaksi atau komunikasi secara langsung antara pewawancara dengan responden. Data yang dikumpulkan dapat bersifat: fakta, sikap dan pendapat. Dalam kegiatan penelitian ini, wawancara dilakukan dengan cara mengajukan pertanyaan dan berdiskusi tentang kondisi lingkungan dan juga kegiatan sosial yang dilakukan oleh masyarakat sekitar sehingga peneliti dapat mengetahui kegiatan pemanfaatan lokasi pantai Pasir Putih di kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek ini.

#### **3.4.2 Data Sekunder**

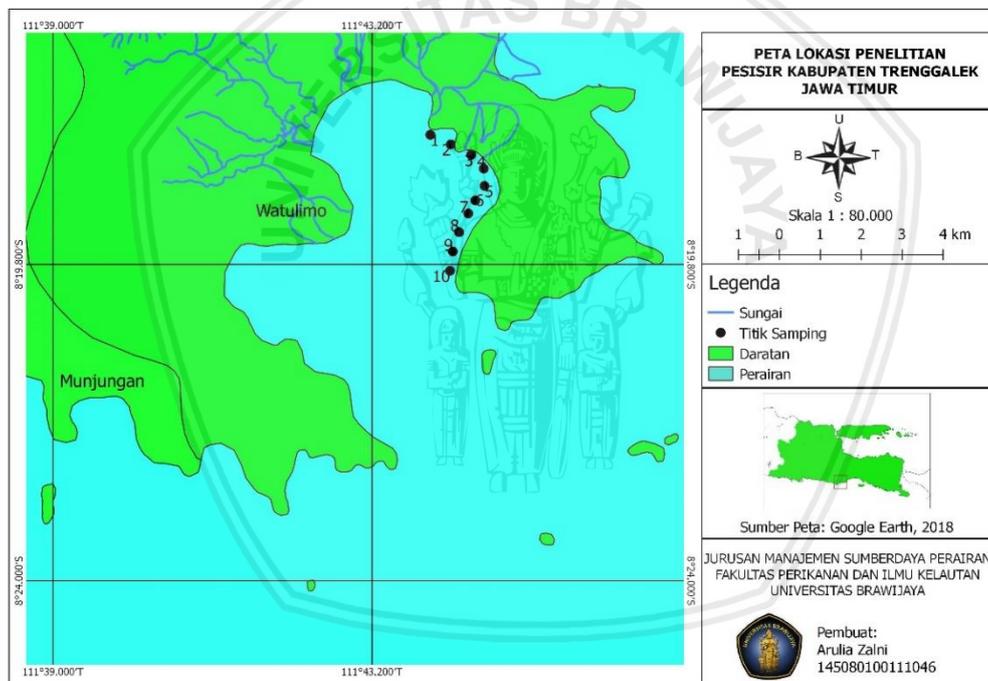
Data sekunder adalah data yang dikumpulkan dari sumber – sumber tercetak, dimana data tersebut telah dikumpulkan oleh pihak lain sebelumnya, sumbernya berasal dari buku, jurnal, internet dan sebagainya. Data ini biasanya dikumpulkan untuk suatu tujuan tertentu (Maryati, 2006). Data sekunder diperoleh melalui telaah pustaka dari data yang diperoleh dari hasil pengukuran kualitas air pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek.

#### **3.5 Stasiun Penelitian**

Stasiun pengambilan sampel dalam penelitian ini berfungsi untuk mewakili beberapa titik yang menggambarkan keadaan lapang atau tempat penelitian yang ditinjau dari pengaruh kegiatan yang ada disekitar titik pengambilan sampel, sehingga data yang didapatkan merata. Pengambilan

data lapangan dilakukan di sepuluh stasiun dengan satu titik di masing-masing stasiunnya, dimana jarak antar titik di setiap stasiun berjarak 0,5 kilometer. Lokasi Penelitian disajikan pada **Gambar 2**.

Setiap titik pengambilan sampel pada penelitian ini memiliki titik koordinat berupa garis bujur dan garis lintang. Titik koordinat titik pengambilan sampel ini dibutuhkan agar titik pengambilan sampel data *in situ* sesuai dengan titik pengambilan sampel data citra. Adapun daftar titik koordinat pengambilan sampel air disajikan pada **Tabel 8**.



**Gambar 2.** Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Berikut merupakan daftar titik koordinat pengambilan sampel air (**tabel 8**). Pada daftar tersebut juga dicantumkan daftar pemanfaatan lahan (*Landuse*) pada setiap stasiun dan titik pengambilan sampel. Daftar dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 8. Titik Koordinat stasiun pengambilan data

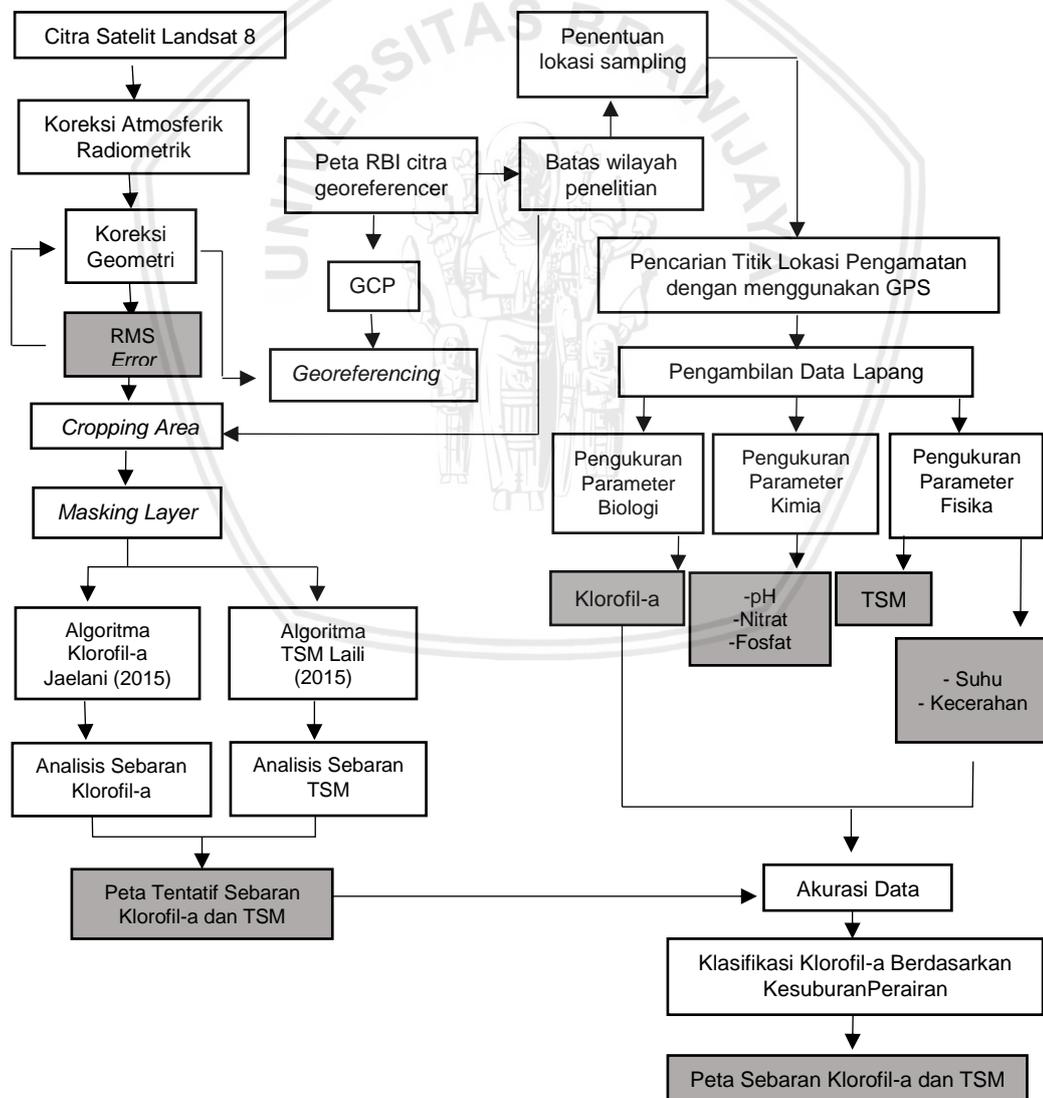
Stasiun	Titik Koordinat		Landuse
	Bujur (BT)	Lintang (LS)	
1	111°43'55,9"	08°17'59,0"	Bukit Hijau dekat Pantai Pasir Putih
2	111°44'05,9"	08°18'02,8"	Bukit Hijau dekat Pantai Pasir Putih
3	111°44'13,9"	08°18'07,2"	Keramba Jaring Apung Penangkapan Benur Udang Lobster
4	111°44'16,53"	8°18'22,80"	Keramba Jaring Apung Budidaya Ikan Kerapu
5	111°44'32,3"	08°18'29,6"	Pantai Pasir Putih
6	111°44'41,5"	08°18'39,9"	Sarang Burung Walet
7	111°44'35,0"	08°18'59,4"	Hotel Lokal Pariwisata
8	111°44'31,4"	08°19'10,3"	Pelabuhan Kapal Motor Pariwisata
9	111°43'51,28"	8°19'27,65"	Rumah Makan Apung
10	111°44'19,2"	08°19'35,6"	Site Plan Pembangunan Pelabuhan Nasional Peti Kemas



### 3.7 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini tahapan pertama yang dilakukan yakni melakukan survey di lokasi penelitian yakni pesisir Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur. Selanjutnya melakukan Pengunduhan data citra satelit sebagai pengolahan data spasial sebaran Klorofil-a dan TSM, dan pengambilan sampel air di lapang untuk diamati tiga parameternya, yaitu parameter fisika, kimia dan biologi yang berkaitan dengan Klorofil-a dan TSM. Kemudian menganalisis keakuratan dari data spasial dan data lapang.

Adapun diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**.

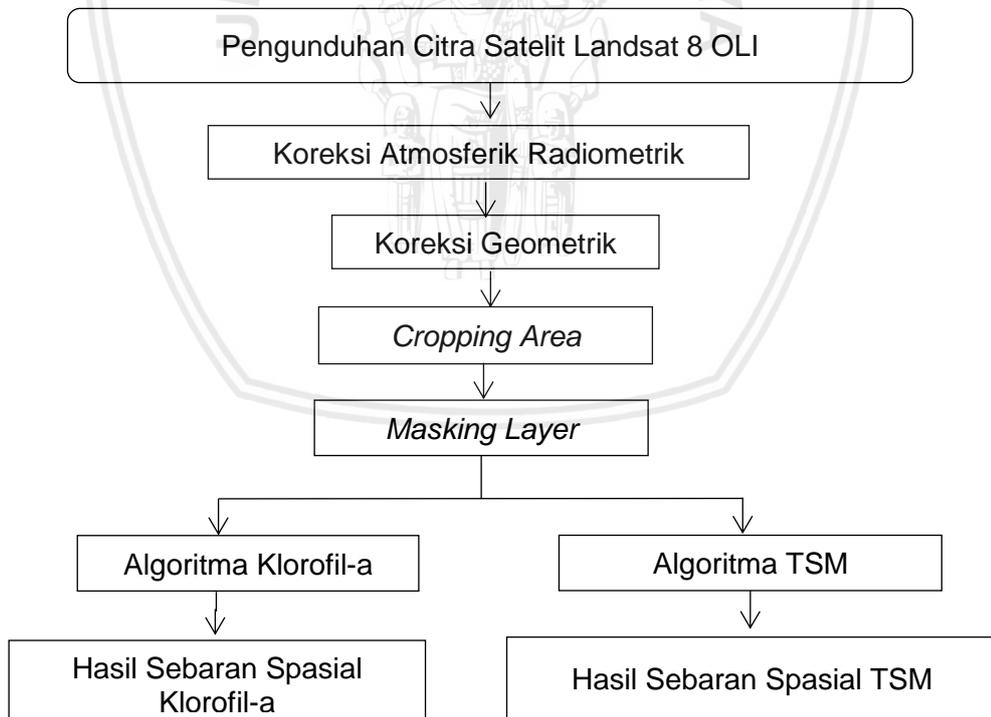


**Gambar 3.** Alur Tahapan Penelitian

### 3.5.1 Teknik Pengambilan Sampel dan Pengolahan data

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan botol PVC 600 ml. Kemudian botol dilapisi dengan alumunium voil untuk mencegah kontaminasi dari cahaya matahari. Botol-botol yang telah terisi sampel disimpan di dalam *cool box* yang berisi es batu. pengambilan data *in situ* dilakukan dengan cara memasukkan botol ke dalam perairan, selanjutnya sampel dalam botol disimpan di dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan TSM, Klorofil-a dan parameter kimia lainnya (Rianingtyas *et.al.*, 2016).

Tahapan awal untuk pengolahan data satelit adalah pengunduhan citra satelit Landsat 8 OLI. Adapun alur pengolahan data satelit dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Diagram Pengolahan Data Citra Satelit

### A. Koreksi Citra Satelit

Menurut Nurandani *et.al.*, (2013), tujuan dari koreksi geometrik adalah memperbaiki distorsi posisi dengan meletakkan elemen citra pada posisi planimetrik (x dan y) yang seharusnya, sehingga citra mempunyai kenampakan yang lebih sesuai dengan keadaan sebenarnya di permukaan bumi sehingga dapat digunakan sebagai peta. Tingkat ketelitian citra hasil koreksi dapat dilihat dari besarnya nilai *RMS error* setiap titik kontrol yang dibuat. Dalam penelitian ini, nilai *RMS error* yang dipakai adalah < 1 piksel.

Untuk melakukan koreksi geometrik dapat dilakukan dengan cara transformasi berdasarkan titik kontrol atau GCP (*Ground Control Point*). Pengukuran yang sudah dilakukan menggunakan GPS di lapang dan dengan citra yang sudah terkoreksi geometri juga dapat dilakukan (Arya *et al.*, 2016). Besarnya distorsi geometrik citra dapat diketahui dengan melihat besarnya nilai total *RMS error (Root Mean Square)* yang dinyatakan dengan  $\Sigma$  dengan nilai dibawah 0,5.

$$\text{RMS error (RMSE)} = \sqrt{(\sum (Z_i - Z_j))^2 / n} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

$Z_i$  : Data citra

$Z_j$  : Data Lapang

$n$  : Jumlah data

Tujuan dari koreksi radiometrik adalah mengubah nilai *digital* pada citra menjadi nilai reflektan. Koreksi radiometrik memberi kisaran *range* nilai yang lebih banyak variasinya dan perubahan warna pada citra (Nurandani *et.al.*, 2013). Data citra satelit yang belum diolah biasanya mengandung *noise* akibat kesalahan saat perekaman. *Noise* dapat ditimbulkan karena

posisi matahari yang berbeda pada saat akuisisi data. Cara menghilangkan *noise* tersebut dapat dilakukan dengan koreksi radiometrik TOA (*Top of Atmosphere*). Koreksi ini dilakukan dengan merubah *digital number* (DN) ke dalam nilai reflektansi. Persamaan konversi TOA Reflektansi (Rahayu dan Chandra, 2014):

$$\rho\pi' = M\rho Q_{cal} + A\rho / (\sin\theta_{SE}) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- $\rho\pi'$  = TOA reflektansi, tanpa koreksi sudut matahari
- $M\rho$  = REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor *band*
- $A\rho$  = REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor *band*
- $Q_{cal}$  = Nilai *digital number* (DN)
- $\sin \theta_{SE}$  = *Sun Elevation*

**B. Cropping Area**

Menurut Said *et.al* (2015), *Cropping area* adalah proses pemotongan area studi sesuai dengan batas administrasi sehingga memudahkan dalam proses selanjutnya. *Cropping* dilakukan di setiap objek tutupan lahan, pada *Area of Interest* (Aoi) untuk objek vegetasi (hutan dan sawah), lahan terbuka (lahan gundul dan pemukiman), dan air (laut, danau, dan sungai) (Rahayu dan Chandra, 2014).

**C. Masking Layer**

*Masking* merupakan tahapan untuk memisahkan wilayah darat dan air atau memisahkan wilayah penelitian dengan daerah lain yang tidak digunakan. Proses *masking* dilakukan dengan memblok nilai *spectral area* yang dituju (darat atau laut) dengan nilai (DN).

**D. Algoritma**

Menurut Taufiqurrahman (2009), prediksi nilai konsentrasi TSM dihitung berdasarkan algoritma yang didapat dari hubungan antara nilai konsentrasi TSM di lapangan dengan nilai reflektan citra. Algoritma yang didapatkan dari regresi linear dapat digunakan untuk analisis TSM, dan algoritma tersebut dapat memberikan akurasi yang sangat baik jika waktu pengambilan data *in situ* sama dengan waktu perekaman data citra satelit (Ritchie dan Cooper, 1998; Baban, 1992). Penentuan algoritma dilakukan dengan cara membandingkan semua sebaran data *in situ* pada pengambilan bulan Mei tahun 2018 dengan salah satu citra yang melintasi Perairan Pesisir Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek pada bulan Mei tahun 2018.

Adapun algoritma yang digunakan untuk analisis klorofil-a adalah algoritma Jaelani (2015) dan TSM yang mengidentifikasi kondisi kekeruhan perairan menggunakan model algoritma yang dibangun Laili (2015).

- **Persamaan matematis algoritma klorofil-a**

$$\text{Log (Chl-a) (mg/m}^3\text{)} = -0,9889 \times (\text{Rrs}_4/\text{Rrs}_5) + 0,3619 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

$\text{Rrs}_2$  = reflektansi band 2

$\text{Rrs}_4$  = reflektansi band 4

- **Persamaan matematis algoritma TSM**

$$\text{TSM (mg/l)} = 31.42 * ((\text{Log (Rrs}_2) / (\text{Log (Rrs}_4)) - 12.71 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

$\text{Rrs}_2$  = reflektansi band 2

$\text{Rrs}_4$  = reflektansi band 4

Pada penelitian ini, pengolahan data non spasial meliputi pengukuran parameter kualitas air yaitu parameter biologi, fisika, dan kimia. Parameter biologi meliputi klorofil-a. Parameter fisika meliputi suhu dan

kecerahan. Parameter kimia meliputi *Total Suspended Matter* (TSM), Nitrat dan Fosfat.

#### A. Klorofil-a

Menurut Riyono (2006), prinsip metode untuk pengukuran klorofil secara spektrofotometri didasarkan pada penyerapan maksimum oleh ekstrak klorofil dalam acetone di daerah spektrum merah (panjang gelombang 630 – 665 nm). Penyerapan maksimum untuk klorofil-a, -b dan -c terjadi pada tiga panjang gelombang, yaitu 665, 645 dan 630 nm (*trichromatic*). Beberapa tahapan yang perlu mendapat perhatian adalah dari saat proses pengambilan sampel air, penyaringan, penyimpanan sampel, ekstraksi sampai dengan pengukuran agar dihindarkan dari cahaya secara langsung. Cahaya yang intensitasnya terlalu kuat akan merusak klorofil dalam reaksi yang disebut *photo oxidation* (NONTJI, 1973).

Berikut merupakan rumus persamaan untuk menghitung nilai klorofil-a perairan:

$$\text{Klorofil - a } \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{26,7 (665b - 665a) \times V_e}{v_s \times d} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

665<sub>b</sub> = penyerapan panjang gelombang 665 nm sebelum penambahan asam.

665<sub>a</sub> = penyerapan panjang gelombang 665 nm setelah penambahan asam.

V<sub>e</sub> = volume acetone yang digunakan dalam ekstraksi (ml).

V<sub>s</sub> = volume air yang disaring (liter).

d = lebar *cuvet*, *path-length* (cm).

**B. Total Suspended Matter (TSM)**

Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) ( $\text{g/m}^3$ ), didefinisikan sebagai massa kering partikel per unit volume air, ditentukan dengan menggunakan teknik standar gravimetri (Stavn *et al.*, 2009; Woźniak *et al.*, 2011). Sampel air difiter secara khusus menggunakan filter GF/ F (diameter 25 mm). Sebelum filtrasi, saringan ini diendapkan selama 4 jam pada  $450^\circ\text{C}$ , yang telah dicuci sebelumnya menggunakan air deionisasi murni dan bebas partikel (untuk mencegah hilangnya bahan penyaring selama filtrasi sampel utama), dikeringkan dan ditimbang sebelumnya. Volume sampel air laut bervariasi antara 250 dan 2500 ml, tergantung pada kekeruhan air. Sampel disaring secepat mungkin setelah pengumpulan. Saat filtrasi selesai, saringan dibilas sekitar 60 ml air deionisasi yang dimurnikan untuk menghilangkan garam laut. Selanjutnya, filter dengan beban partikelnya dikeringkan. Massa kering partikel yang dikumpulkan pada filter diukur dengan a Radwag XA 82 / 220.R2 mikrobalansi (resolusi 0,01 mg). Tiga filter ulangan ditimbang untuk setiap sampel air, reproduktifitas umumnya berada di dalam 8%. Kemudian, saringan dibakar selama 4 jam pada  $450^\circ\text{C}$  untuk menghilangkan fraksi partikel organik (teknik kehilangan pada pengapian (LOI); Pearlman *et al.*, 1995) dan ditimbang ulang. Konsentrasi bahan organik partikulat (TSMorg) dihitung (dalam  $\text{g m}^{-3}$ ) dari perbedaan berat sebelum dan sesudah pembakaran (Bialogrodzka, 2018).

Berikut merupakan rumus persamaan untuk menghitung nilai TSM perairan:

$$\text{TSM (mg/l)} = 31.42 * ((\text{Log (Rrs}_2) / (\text{Log (Rrs}_4)) - 12.71) \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

Rrs<sub>2</sub> = reflektansi band 2



Rrs<sub>4</sub> = reflektansi band 4

### C. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan alat termometer Hg. Prosedur pengukuran suhu di perairan diawali dengan memasukkan termometer Hg ke dalam perairan dengan cara memegang pada bagian tali pengikatnya dan membelakangi sinar matahari. Hal ini dilakukan agar suhu tubuh tidak mempengaruhi hasil pengukuran suhu di dalam perairan. Menunggu 2-3 menit hingga skala pada termometer menunjukkan angka suhu dan stabil pada angka tersebut. Hasil yang ditunjukkan kemudian mencatat pada lembar kerja pengamatan, satuan °C (Siregar, 2009).

### D. Kecerahan

Pengukuran kecerahan perairan kolam dapat dengan menggunakan alat bernama *secchi disk*. *Secchi disk* dimasukkan dalam perairan perlahan-lahan sampai tak tampak pertama kali dan di tandai sebagai d1. Kemudian *secchi disk* dimasukkan lagi lebih dalam. *Secchi disk* diangkat perlahan-lahan sampai tampak untuk pertama kali dan ditandai sebagai d2.

$$\text{Kecerahan (cm)} = \frac{d1+d2}{2} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

D1 = kedalaman 1

D2 = kedalaman 2

### E. Nitrat

Penentuan kadar nitrat dilakukan dengan metode spektrofotometer (SNI 06- 2480-1991) pada kisaran kadar 0,1 mg/L - 2,0 mg/L dengan menggunakan metode brusin dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm (Hendrawati et.al., 2007). Dokumentasi proses

pengukuran nitrat dapat dilihat pada **lampiran 1**. Menurut Subarjanti (2015), cara yang dapat dilakukan untuk mengukur Nitrat di perairan adalah sebagai berikut:

- 1) Menyaring sampel sebanyak 12,5 ml.
- 2) Menuangkan sampel yang sudah disaring ke dalam cawan porselen.
- 3) Menguapkan sampel di atas pemanas (*hot plate*) sampai berkerak.
- 4) Menambahkan 0,2 ml (5 tetes) asam fenol disulfonik, diaduk dengan spatula dan diencerkan dengan aquades sebanyak 5 ml.
- 5) Menambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dengan perbandingan 1 : 1 sampai terbentuk warna (maksimal 5 ml) dan diencerkan dengan aquades sampai dengan 12,5 ml.
- 6) Memasukkan sampel ke dalam cuvet.
- 7) Menghitung kadar nitrat menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm.

#### **F. Fosfat**

Penentuan kadar fosfat dilakukan dengan metode spektrofotometer secara asam askorbat (SNI 06-6989.31-2005) pada kisaran kadar 0,0 mg P/L sampai dengan 1,0 mg P/L. Prinsip dari metode ini didasarkan pada pembentukan senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks Molybdenum. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700nm-880nm (Hendrawati *et al.*, 2007). Menurut Subarjanti (2015), pengukuran orthofosfat dapat dilakukan dengan cara:

- 1) Mengambil 12,5 ml air sampel.
- 2) Memasukkan kedalam erlenmeyer berukuran 50 ml.

- 3) Menambahkan 0,5 ml amonium molybdat dan dihomogenkan.
- 4) Menambahkan 3 tetes  $\text{SnCl}_2$  dan dihomogenkan.
- 5) Memasukkan kedalam cuvet.
- 6) Menghitung kadar orthofosfat menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 690 nm.

#### **G. pH**

Menurut Sukmiwati *et al.*, (2012), bahwa derajat keasaman merupakan salah satu indikator untuk mengetahui kualitas perairan yang berperan penting dalam menentukan nilai guna bagi kehidupan organisme perairan. pH air laut atau derajat keasaman diukur dengan menggunakan pH *paper*, yaitu dengan memasukkan seluruh kertas dengan indikator asam basa ke dalam perairan. Setelah beberapa menit dicelupkan dalam perairan, pH *paper* dapat dicocokkan dengan kotak standart pH untuk melihat derajat asam basa perairan yang diamati.

#### **H. Kecerahan**

Pengukuran kecerahan perairan kolam dapat dengan menggunakan alat bernama *secchi disk*. *Secchi disk* dimasukkan dalam perairan perlahan-lahan sampai tak tampak pertama kali dan di tandai sebagai d1. Kemudian *secchi disk* dimasukkan lagi lebih dalam. *Secchi disk* diangkat perlahan-lahan sampai tampak untuk pertama kali dan ditandai sebagai d2.

### **3.6 Uji Akurasi Hasil Analisis Citra Satelit dengan Pengambilan Data Lapangan**

Uji akurasi dilakukan untuk menguji tingkat akurasi peta penggunaan yang dihasilkan dari proses klasifikasi digital dengan sampel uji dari hasil kegiatan lapangan (Wulansari, 2017). Akurasi hasil pengolahan data citra minimal adalah 70% dan setelah divalidasi dengan data lapangan maka

akurasi hasil penelitian adalah 90%. Hasil klasifikasi data penginderaan jauh divalidasi menggunakan sebuah matrik kesalahan (*error matrix*). Hal ini dilakukan dengan membandingkan citra hasil klasifikasi sebagai peta terhadap kelas yang sebenarnya. Kelas yang sebenarnya diperoleh dari hasil pengamatan lapangan (Jhonnerie, 2015).



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Jawa Timur yang terletak di bagian selatan dari wilayah Propinsi Jawa Timur. Kabupaten ini terletak pada koordinat  $111^{\circ} 24'$  hingga  $112^{\circ} 11'$  bujur timur dan  $7^{\circ} 63'$  hingga  $8^{\circ} 34'$  lintang selatan. Luas wilayah Kabupaten Trenggalek secara keseluruhan sebesar 1.261,40 Km<sup>2</sup>. Kabupaten Trenggalek sebagian besar terdiri dari tanah pegunungan dengan luas meliputi 2/3 bagian luas wilayah. Sedangkan sisa-nya (1/3 bagian) merupakan tanah dataran rendah. Ketinggian tanahnya diantara 0 hingga 690 meter diatas permukaan laut. Dengan luas wilayah 126.140 Ha, Kabupaten Trenggalek terbagi menjadi 14 Kecamatan dan 157 desa. Adapun kecamatan yang masuk dalam wilayah kabupaten Trenggalek, Jawa Timur, yaitu Kecamatan Bendungan, Dongko, Durenan, Gandusari, Kampak, Karang, Munjungan, Panggul, Pogalan, Pule, Suruh, Kota Trenggalek, Tugu, Watulimo. Adapun batas-batas administrasi Kabupaten Trenggalek adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kabupaten Ponorogo dan Tulungagung
- Sebelah Timur : Kabupaten Tulungagung
- Sebelah Selatan : Samudra Hindia
- Sebelah Barat : Kabupaten Ponorogo dan Pacitan

Kecamatan Watulimo merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Tepatnya berada di sebelah tenggara Kabupaten Trenggalek. Secara geografis terletak diantara  $111^{\circ} 38'41''$ - $112^{\circ} 46'41''$  BT dan  $8^{\circ} 8'31''$ -  $8^{\circ} 23'01''$  LS. Kecamatan Watulimo berada di ketinggian 7-573 m dari permukaan laut.

Adapun batas-batas wilayah kecamatan Watulimo yaitu:

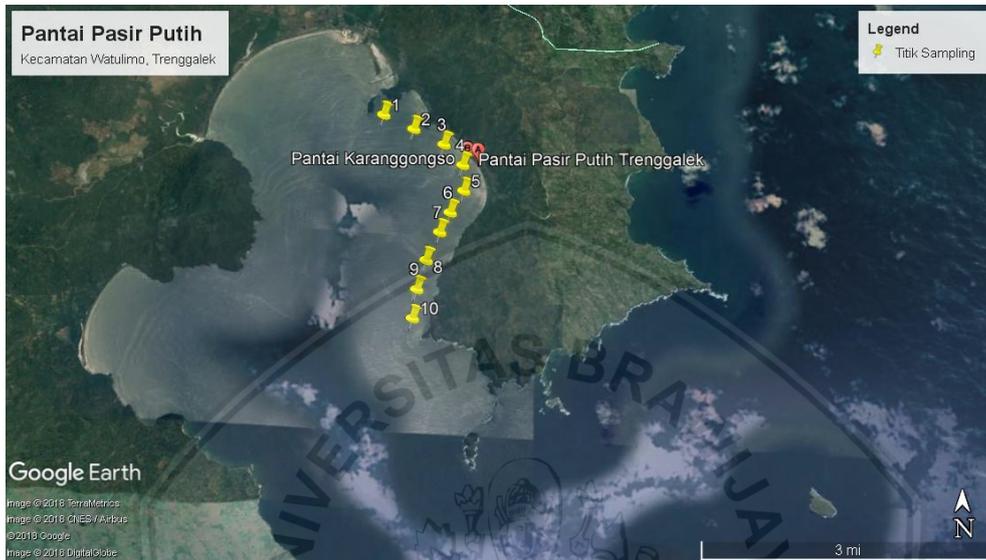
- Sebelah Utara : Kecamatan Gandusari
- Sebelah Timur : Kabupaten Tulungagung
- Sebelah Selatan : Samudera Indonesia
- Sebelah Barat : Kecamatan Munjungan

Kecamatan Watulimo meliputi 12 desa, yaitu Karanggandu, Prigi, Tasikmadu, Watulimo, Margomulyo, Sawahan, Dukuh, Slawe, Gemaharjo, Pakel, Ngembel dan Watuagung. Kecamatan Watulimo memiliki luas 9.086 Ha. Berdasarkan topografinya, desa yang berada di Kecamatan Watulimo merupakan perbukitan dan pantai. Salah satu pantai yang ada di Kecamatan Watulimo adalah pantai Karanggongso atau Pantai Pasir Putih.

Pantai Pasir Putih berlokasi di Jalan Raya Pantai Prigi, Dusun Karanggongso, Desa Tasikmadu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Pantai pasir putih terletak 3 km ke arah Timur dari Pantai Prigi. Pantai ini terkenal dengan pasir putihnya sepanjang 1,5 km, air yang jernih dan tenang sebagai tempat mandi dan berjemur bagi para pengunjung. Di pantai ini tersedia Pondok Prigi, *Cottage*, Persewaan Perahu dan *Motor Boat*. Selain sebagai objek wisata, Pantai Pasir Putih ini juga dijadikan sebagai tempat komoditi perikanan yakni antara lain untuk tempat menangkap benur udang dan lobster serta sebagai tempat budidaya ikan kerapu. Kompleksnya pemanfaatan lahan dan wilayah perairan di Pantai Pasir Putih ini membuat keadaan perairan tersebut beragam.

## 4.2 Deskripsi Stasiun Pengambilan Sampel

Terdapat sepuluh stasiun pada penelitian ini. Setiap stasiun pengambilan sampel terdapat satu titik pengambilan sampel. Adapun peta titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 5-A**.



(A)



(a)

(b)

(c)

(B)

**Gambar 5.** (A) Peta Titik Pengambilan Sampel (B) Foto Lokasi Titik Pengambilan Sampel dari kiri titik 1 (B.b), titik 3 (B.b), dan titik 9 (B.b).

Titik pengambilan sampel ditentukan secara horizontal mengikuti bentuk garis Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Penentuan titik pengambilan sampel ini berdasarkan metode *purposive*. Metode *purposive* ini merupakan metode pengambilan titik sampel berdasarkan tujuan tertentu. Adapun tujuan dari penentuan titik pengambilan sampel ini adalah untuk mengetahui perbedaan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a di setiap titiknya. Penentuan titik pengambilan sampel didasarkan pada pemanfaatan lahan (*landuse*) yang berbeda-beda pada tiap titik pengambilan sampel. Setiap titik pengambilan sampel mewakili berbagai macam pemanfaatan lahan (*landuse*) di lokasi penelitian ini. Berikut merupakan titik koordinat dan *landuse* titik pengambilan sampel:

1. Stasiun 1 ( $111^{\circ}43'55,9''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}17'59,0''\text{LS}$ ): bukit hijau dekat pantai pasir putih.
2. Stasiun 2 ( $111^{\circ}44'05,9''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}18'02,8''\text{LS}$ ): bukit hijau dekat pantai pasir putih.
3. Stasiun 3 ( $111^{\circ}44'13,9''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}18'07,2''\text{LS}$ ): keramba jaring apung (KJA) penangkapan benur udang lobster.
4. Stasiun 4 ( $111^{\circ}44'16,53''\text{BT}$ ,  $8^{\circ}18'22,80''\text{LS}$ ): keramba jaring apung (KJA) budidaya ikan kerapu.
5. Stasiun 5 ( $111^{\circ}44'32,3''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}18'29,6''\text{LS}$ ): pantai pasir putih.
6. Stasiun 6 ( $111^{\circ}44'41,5''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}18'39,9''\text{LS}$ ): sarang burung walet.
7. Stasiun 7 ( $111^{\circ}44'35,0''\text{BT}$ ,  $08^{\circ}18'59,4''\text{LS}$ ): hotel lokal pariwisata.

8. Stasiun 8 (111°44'31,4"BT, 08°19'10,3"LS): pelabuhan kapal motor pariwisata.
9. Stasiun 9 (111°43'51,28"BT, 8'19'27,65"LS): rumah makan apung.
10. Stasiun 10 (111°44'19,2"BT, 08°19'35,6"LS): *site plan* pelabuhan peti kemas nasional.

#### 4.3 Hasil Pengukuran *Total Suspended Matter* (TSM) *in Situ* dan Citra

Penelitian yang dilakukan di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek menghasilkan dua macam data *Total Suspended Matter* (TSM) yakni data *in situ* dan data citra. Data citra digunakan sebagai data utama dalam penelitian ini sedangkan data *in situ* digunakan sebagai data pendukung untuk validasi nilai dari data citra yang didapatkan. Nilai *Total Suspended Matter* (TSM) *in situ* dan citra di setiap titik sampel tersaji pada **Tabel 9**.

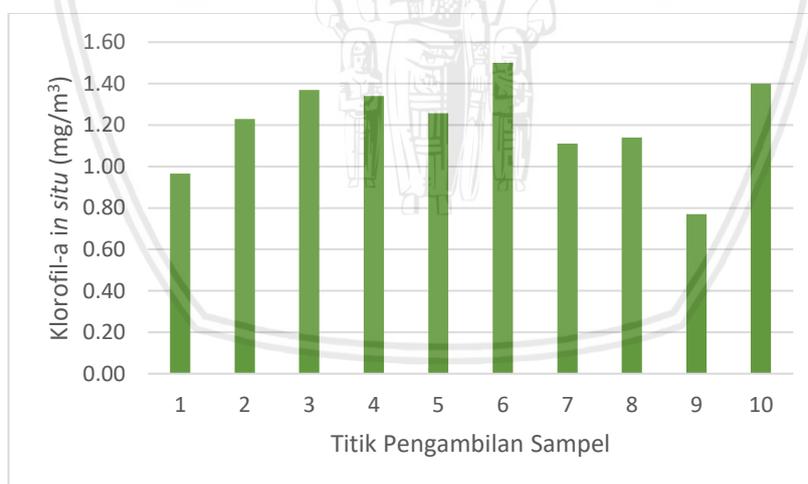
**Tabel 9. Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan Data *In Situ* dan Citra**

Titik Pengambilan Sampel	Garis Bujur (BT)	Garis Lintang (LS)	TSM <i>In Situ</i> (mg/l)	TSM Citra (mg/l)	Kedalaman (cm)
1	111°43'55,9"	08°17'59,0"	64,5	66,88	1-100
2	111°44'05,9"	08°18'02,8"	69	70,96	1-100
3	111°44'13,9"	08°18'07,2"	70,7	71,2	1-100
4	111°44'21,1"	08°18'15,4"	72,5	74,27	1-100
5	111°44'32,3"	08°18'29,6"	72	75,28	1-100
6	111°44'41,5"	08°18'39,9"	73	72,9	1-100
7	111°44'35,0"	08°18'59,4"	73,4	71,34	1-100
8	111°44'31,4"	08°19'10,3"	58,6	60,55	1-100
9	111°44'24,6"	08°19'22,1"	64,7	64,57	1-100
10	111°44'19,2"	08°19'35,6"	67,7	69,42	1-100



#### 4.3.1 Analisis *Total Suspended Matter* (TSM) Berdasarkan Data *In Situ*

Berdasarkan **Tabel 9** didapatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) berkisar antara 58,6 mg/l – 73,4 mg/l dengan rata-rata 68,61 mg/l. Nilai *Total Suspended Matter* (TSM) tertinggi terdapat pada titik sampel 7 dan nilai terendah adalah titik sampel 8. Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) tertinggi berada titik sampel 7 yang merupakan area yang dekat dengan pelabuhan kapal motor wisata. Sedangkan titik sampel terendah adalah titik sampel 8 yang merupakan lokasi pesisir dekat dengan hotel wisata Pantai Pasir Putih. Nilai *Total Suspended Matter* (TSM) yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air (Budhiman, 2005). Adapun grafik konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan data *in situ* tersaji pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Grafik Konsentrasi TSM *In Situ*

*Total Suspended Matter* (TSM) adalah material tersuspensi (diameter > 1  $\mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0.45 (Effendi, 2000). Pada umumnya *Total Suspended Matter* (TSM) terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar

disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Hermawan *et al.*, 2012). *Total Suspended Matter* (TSM) dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia, kotoran hewan, lumpur, pasir, sisa tanaman dan hewan serta limbah industri (Sulma *et al.*, 2008). Muatan *Total Suspended Matter* (TSM) berbanding lurus dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Namun, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan seperti halnya dengan air laut (Nirmala *et al.*, 2014). Batas kandungan *Total Suspended Matter* (TSM) yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut adalah lebih kecil dari 80 (mg/l) (Sulma *et al.*, 2008). Kadar Muatan Padatan Tersuspensi dan Pengaruhnya Terhadap Perikanan ditunjukkan oleh **Tabel 10** (Effendi, 2003).

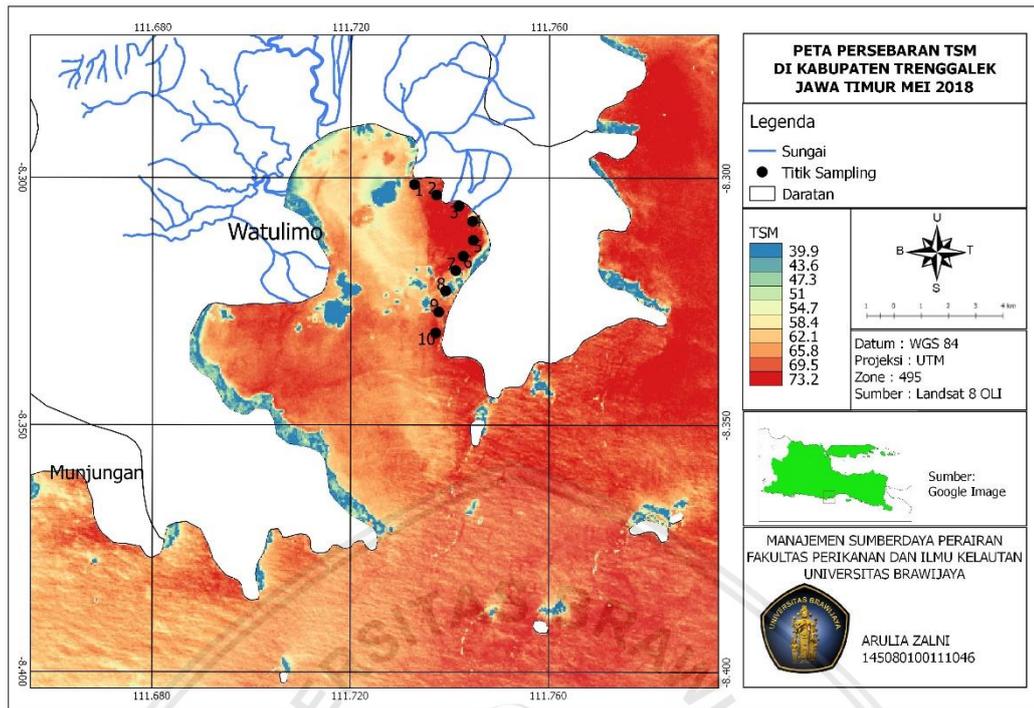
**Tabel 10. Pengaruh Kadar Muatan Padatan Tersuspensi Terhadap Perikanan**

Nilai (mg/l)	Pengaruh Terhadap Perikanan
< 25	Tidak berpengaruh
25 - 80	Sedikit berpengaruh
81 – 400	Kurang baik bagi kepentingan perikanan
>400	Tidak baik bagi kepentingan perikanan

#### 4.3.2 Analisis *Total Suspended Matter* (TSM) Berdasarkan Data Citra

Berdasarkan **Tabel 9** Nilai *Total Suspended Matter* (TSM) tertinggi terdapat pada titik sampel 8 yakni 75,28 mg/l dan nilai terendah adalah titik sampel 5 dengan nilai 60,55 mg/l. Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) tertinggi berada titik sampel 5 yang merupakan area yang dekat

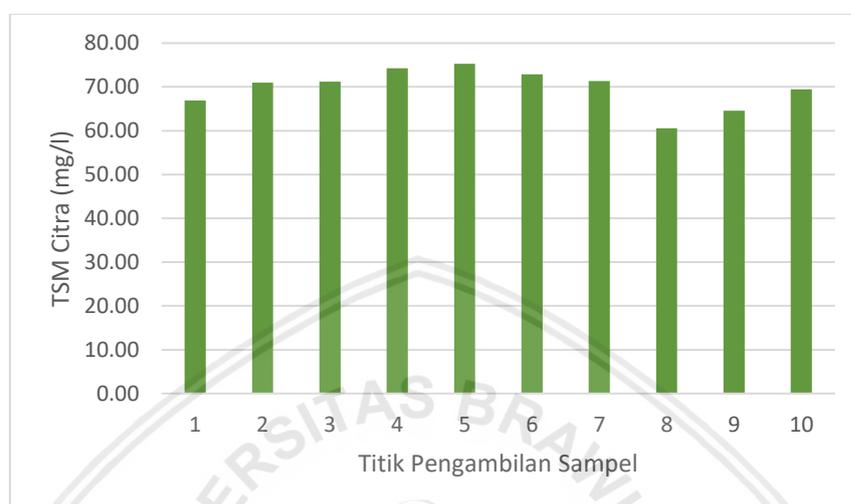
dengan pantai Pasir Putih. Tingginya nilai Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) pada area dekat dengan pantai Pasir Putih ini dikarenakan banyak aktivitas manusia di area tersebut mengingat pantai Pasir Putih ini merupakan objek wisata masyarakat Kabupaten Trenggalek. Selain itu, kondisi pantai yang berpasir juga menjadi penyumbang meningkatnya nilai Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) seperti pernyataan Edward (2003) bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) merupakan zat-zat padat yang berupa pasir, lumpur dan partikel-partikel yang tersuspensi dalam air. Nilai *Total Suspended Matter* (TSM) yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air (Budhiman, 2005). Sedangkan titik sampel terendah adalah titik sampel 8 yang merupakan lokasi pesisir dekat dengan hotel wisata pantai Pasir Putih. Rendahnya nilai *Total Suspended Matter* (TSM) di area tersebut karena hotel wisata tidak lagi difungsikan sebagaimana mestinya. Saat ini, hotel wisata tersebut hanya sebuah bangunan kosong sehingga tidak banyak aktivitas manusia yang berlangsung di area tersebut. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan algoritma Laili (2015) didapatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) seperti pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Peta sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) Berdasarkan Data Citra

Analisis *Total Suspended Matter* (TSM) melalui citra satelit melewati beberapa tahap pemrosesan. Diantaranya adalah koreksi atmosferik dengan metode *Top Of Atmosphere* (TOA). Pada tahapan ini, kanal citra yang digunakan adalah kanal 4 untuk landsat 8. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan algoritma Laili (2015) didapatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) pada perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek yakni seperti pada **Gambar 7**. Tingkat konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) dari yang terendah diwakili oleh daerah dengan warna biru dengan kisaran  $\leq 39,9$  mg/l sampai dengan konsentrasi tertinggi yang diwakili dengan warna merah dengan kisaran  $\geq 73,2$  mg/l. Berdasarkan hasil analisis algoritma Laili (2015), konsentrasi TSM tinggi di daerah perairan dekat daratan dan menurun ke arah lepas pantai.

Namun secara keseluruhan konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan data citra ini cenderung tinggi. Adapun grafik konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan data citra tersaji pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Grafik Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan Data Citra

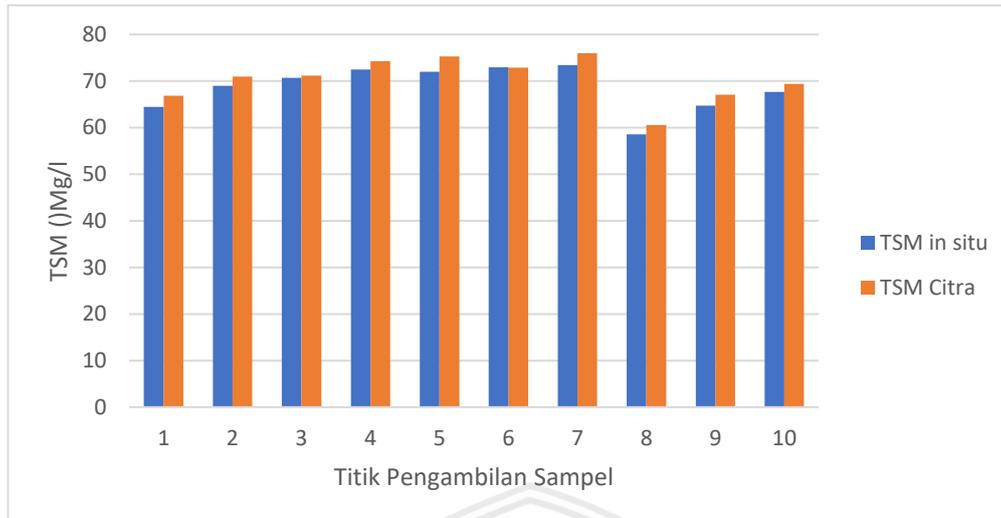
Terdapat perbedaan antara nilai konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan data citra dengan nilai konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) data *in situ*. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan hari pada pengambilan data citra dan data *in situ*. Selain itu, kelemahan citra satelit dalam menangkap gelombang elektromagnetik juga menjadi salah satu penyebab perbedaan tersebut. Akurasi data lebih rendah dibandingkan dengan metode pendataan lapang (*survey in situ*) yang disebabkan karena keterbatasan sifat gelombang elektromagnetik dan jarak yang jauh antara sensor dengan benda yang diamati (Syah, 2010).

Tingkat keakurasian data akan terpengaruh oleh kelemahan citra optis serta banyaknya luasan area yang diberi perlakuan *cropping* awan serta bayangannya membuat peneliti tidak mendapatkan informasi luasan parameter yang akurat dan riil sebenarnya dari citra satelit (Utami *et al.*, 2016). Data titik validasi *in situ* diasumsikan sebagai data yang memiliki

tingkat akurasi dan presisi lebih tinggi dibandingkan dengan data citra satelit, karena data hasil *in situ* lapangan lebih menggambarkan kondisi riil di perairan. Utami *et al.*, (2016) menambahkan, sedangkan nilai citra merupakan suatu algoritma yang dibangun untuk model pendekatan penduga yang bertujuan mempermudah dalam penafsiran nilai di perairan yang luas.

#### 4.3.3 Uji Akurasi *Total Suspended Matter* (TSM) Data *In Situ* dengan Data Citra Satelit

Berdasarkan data *in situ*, *Total Suspended Matter* (TSM) diperoleh nilai tertinggi sebesar 73,4 mg/l, nilai terendah 58,6 mg/l, rata-rata sebesar 68,61 mg/l, SE = 1,52, SD= 4,80 dan Range= 14,89. Berdasarkan data citra *Total Suspended Matter* (TSM) diperoleh nilai tertinggi sebesar 75,96 mg/l, nilai terendah 60,55 mg/l, rata-rata sebesar 70,45 mg/l, SE = 1,48, SD= 4,69 dan Range= 14,73. Data yang diperoleh dari analisis *in situ* maupun pengolahan citra untuk *Total Suspended Matter* (TSM) didapat dengan menggunakan microsoft excel dengan cara mencari selisih dan standar deviasi apakah dari kedua analisis tersebut mirip atau tidak. Dari hasil akurasi microsoft excel diketahui bahwa tingkat akurasi *Total Suspended Matter* (TSM) sebesar 78,08%. Hasil ini berada sedikit di bawah standar akurasi yang semestinya. Hal ini terjadi karena pengambilan data *in situ* dan citra memiliki jeda beberapa hari. Tingkat ketelitian data dapat dikatakan baik apabila memenuhi syarat tertentu sesuai dengan tujuan masing-masing. Adapun dari hasil analisis pengukuran *Total Suspended Matter* (TSM) *in situ* dan citra, didapatkan perbandingan nilai *Total Suspended Matter* sebagai berikut pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Perbandingan Nilai *Total Suspended Matter (TSM) In Situ* dan Citra

Ketelitian yang disyaratkan pada umumnya memiliki rata-rata seluruh ketelitian > 84% dan kesalahan komisi < 20% (Khakim, 2012). Perbedaan data *in situ* dengan hasil analisis citra diduga disebabkan oleh berbedanya waktu pengambilan data *in situ* dengan waktu perekaman citra serta adanya pengaruh radiometrik yang menghambat pancaran gelombang udara (Budianto dan Hariyanto, 2017). Dengan demikian, secara keseluruhan kemampuan instrumen penelitian (citra Landsat 8) untuk *Total Suspended Matter (TSM)* akan lebih baik jika pengambilan data *in situ* dilakukan pada waktu yang sama dengan perekaman citra satelit.

#### 4.4 Hasil Klorofil-a Data *In Situ* dan Citra

Penelitian yang dilakukan di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek menghasilkan dua macam data Klorofil-a yakni data *in situ* dan data citra. Data *in situ* dan data citra disajikan dalam satu tabel yang sama beserta keterangan garis bujur dan garis lintangnya. Nilai Klorofil-a *in situ* dan citra di setiap titik sampel tersaji pada **Tabel 11**.

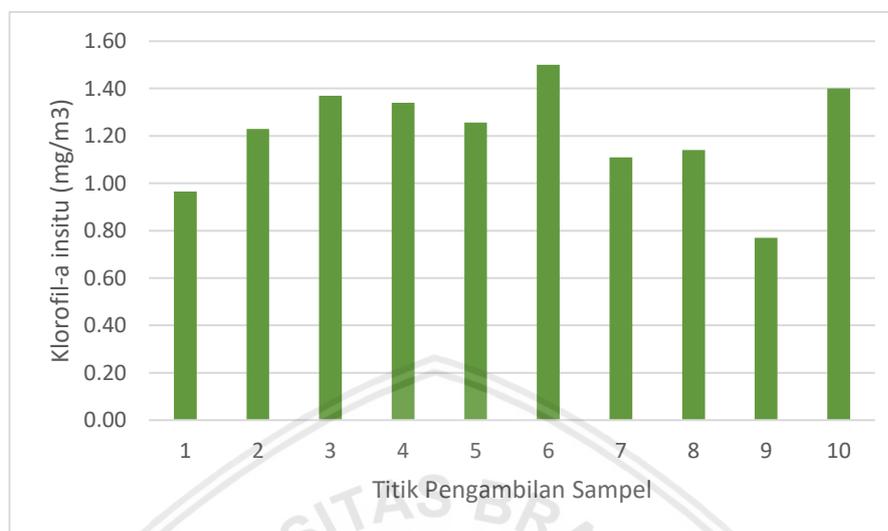
**Tabel 11. Konsentrasi Klorofil-A berdasarkan Data *In Situ* dan Citra**

Titik Pengambilan Sampel	Garis Bujur (BT)	Garis Lintang (LS)	Klorofil-a <i>In Situ</i> (mg/m <sup>3</sup> )	Klorofil-a Citra (mg/l)	Kedalaman (cm)
1	111°43'55,9"	08°17'59,0"	0,97	0,93	1-100
2	111°44'05,9"	08°18'02,8"	123	1,11	1-100
3	111°44'13,9"	08°18'07,2"	1,37	1,1	1-100
4	111°44'21,1"	08°18'15,4"	1,34	1,19	1-100
5	111°44'32,3"	08°18'29,6"	1,26	0,81	1-100
6	111°44'41,5"	08°18'39,9"	1,5	1,03	1-100
7	111°44'35,0"	08°18'59,4"	1,11	1,01	1-100
8	111°44'31,4"	08°19'10,3"	1,14	0,84	1-100
9	111°44'24,6"	08°19'22,1"	0,77	0,37	1-100
10	111°44'19,2"	08°19'35,6"	1,4	1,02	1-100

#### 4.4.1 Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data *In Situ*

Berdasarkan **Tabel 11**, didapatkan nilai klorofil-a berkisar antara 0,77 mg/m<sup>3</sup> – 1,5 mg/m<sup>3</sup> dengan rata-rata 1,21 mg/m<sup>3</sup>. Klorofil-a tertinggi terdapat pada titik sampel 6 dan nilai terendah adalah titik sampel 9. Konsentrasi klorofil-a tertinggi berada di titik sampel 6 yang merupakan area dekat dengan sarang burung walet. Sedangkan titik sampel terendah adalah titik sampel 9 yang merupakan lokasi pesisir yang dekat dengan pantai tempat wisata sehingga memiliki sedikit masukan nutrisi yang merupakan salah satu faktor pertumbuhan fitoplankton. Klorofil merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan. Beberapa parameter fisika kimia yang mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah intensitas cahaya dan nutrisi (Samawi, 2007). Keberadaan nutrisi sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan dapat menyebabkan tingginya nilai konsentrasi klorofil-a yang

merupakan indikator kesuburan perairan (Maslukhah *et al.*, 2017). Adapun grafik konsentrasi klorofil-a data *in situ* tersaji pada **Gambar 10**.



**Gambar 10.** Grafik Konsentrasi Klorofil-a berdasarkan Data *In Situ*

Salah satu indikator kesuburan perairan adalah ketersediaan klorofil-a di perairan. Menurut Sanusi (2004), tingkat kesuburan suatu perairan pesisir dapat dinilai dari karakteristik biologi maupun kimia terutama dari ketersediaan zat hara esensial. Menurut Nybakken (1992), faktor biologis yang mempengaruhi tingkat kesuburan suatu perairan adalah klorofil-a. Kandungan klorofil-a menggambarkan secara menyeluruh efek dari berbagai faktor yang terjadi karena aktivitas manusia (Boyer *et al.*, 2009). Konsentrasi klorofil-a pada suatu perairan dipengaruhi oleh faktor parameter fisika-kimia perairan, dimana setiap parameter memberikan kontribusi serta pengaruh terhadap sebaran dan konsentrasi klorofil-a. Beberapa parameter fisika-kimia dan biologi perairan yang diperhitungkan yaitu: suhu, kecerahan, kecepatan arus, arah arus, nitrat, fosfat, pH, salinitas, DO, dan konsentrasi klorofil-a (Zulhaniarta *et. al.*, 2015). Menurut Kep. MEN LH (2004), klorofil-a dikatakan baik jika nilainya  $<15 \text{ mg/m}^3$ , dikatakan sedang jika nilainya  $15 - 30 \text{ mg/m}^3$  dan tidak baik jika nilainya  $>30 \text{ mg/m}^3$ . Berdasarkan kriteria

tersebut, konsentrasi klorofil-a di perairan Kecamatan Watulimo dapat dikatakan baik karena nilainya  $<15 \text{ mg/m}^3$ .

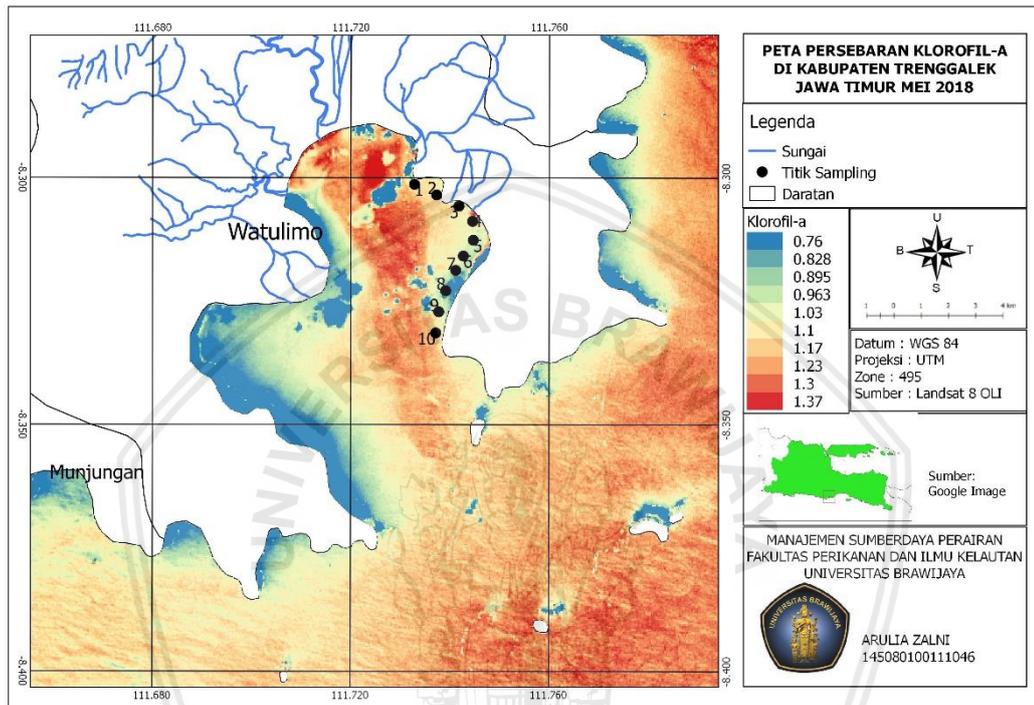
Nilai klorofil-a pada saat pengambilan sampel memiliki nilai yang hampir merata di seluruh titik sampel. Nilai cenderung tinggi di daerah dekat dengan keramba jaring apung penangkapan benur udang lobster dan budidaya ikan kerapu. Menurut Guritno (2003), sisa pakan dan sisa-sisa metabolisme ikan budidaya yang masuk dalam perairan juga mempengaruhi nilai klorofil-a perairan. Persebaran klorofil-a secara horizontal dipengaruhi oleh kandungan nutrisi (fosfat dan nitrat), yang terkait erat dengan proses fotosintesis (Dewanto *et al.*, 2015).

#### 4.4.2 Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Analisis melalui citra satelit melewati beberapa tahap pemrosesan. Diantaranya adalah koreksi atmosferik dengan metode *Top of Atmosphere* (ToA). Pada tahapan ini, kanal citra yang digunakan adalah kanal 2 dan kanal 3 untuk landsat 8. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan algoritma Jaelani (2015) didapatkan nilai Klorofil-a pada perairan Kecamatan Watulimo seperti pada **Gambar 11**. Tingkat konsentrasi Klorofil-a dari yang terendah diwakili oleh daerah dengan warna biru dengan kisaran  $\leq 0,135 \text{ mg/m}^3$  sampai dengan konsentrasi tertinggi yang diwakili dengan warna merah dengan kisaran  $\geq 1,45 \text{ mg/m}^3$ . Berdasarkan analisis algoritma menunjukkan bahwa konsentrasi Klorofil-a tertinggi berada di bagian dalam teluk daerah pelabuhan dan keramba jaring apung dan berangsur menurun ketika menuju ke mulut teluk dan lepas pantai.

Klorofil-a tertinggi terdapat pada titik sampel 4 yakni  $1,19 \text{ mg/m}^3$  dan nilai terendah adalah titik sampel 9 yakni  $0,37 \text{ mg/m}^3$ . Konsentrasi klorofil-a tertinggi berada titik sampel 4 yang merupakan area keramba jaring apung

budidaya ikan kerapu. Sedangkan titik sampel terendah adalah titik sampel 9 yang merupakan lokasi pesisir yang dekat dengan pantai Pasir Putih dan jauh dari aktivitas manusia sehingga memiliki sedikit masukan nutrisi yang merupakan salah satu faktor pertumbuhan fitoplankton.



**Gambar 11.** Peta Sebaran Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Faktor yang sangat mempengaruhi tingkat kesuburan perairan yakni cahaya matahari, perbedaan pasang surut, waktu tinggal air, dan pemangsaan (Damar, 2003). Fitoplankton dikenal sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil sehingga mampu melakukan reaksi fotosintesis. Keberadaan fitoplankton pada suatu daerah berkaitan erat dengan besar kecilnya kandungan klorofil yang berada di daerah tersebut (Sihombing *et al.*, 2012). Produktivitas fitoplankton di perairan pantai ditentukan oleh beberapa faktor seperti arus pasang surut, morfogeografi setempat dan proses fisik dari lepas pantai (Djokosetyanto dan Rahardjo,

2006). Biomassa fitoplankton di perairan konsentrasinya lebih tinggi di daerah pesisir dan lebih rendah ketika mengarah ke daerah lepas pantai. Rendahnya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai disebabkan karena tidak adanya suplai nutrisi dari daratan secara langsung (Marlian, 2015). Adapun grafik nilai klorofil-a berdasarkan data citra tersaji pada **Gambar 12**.

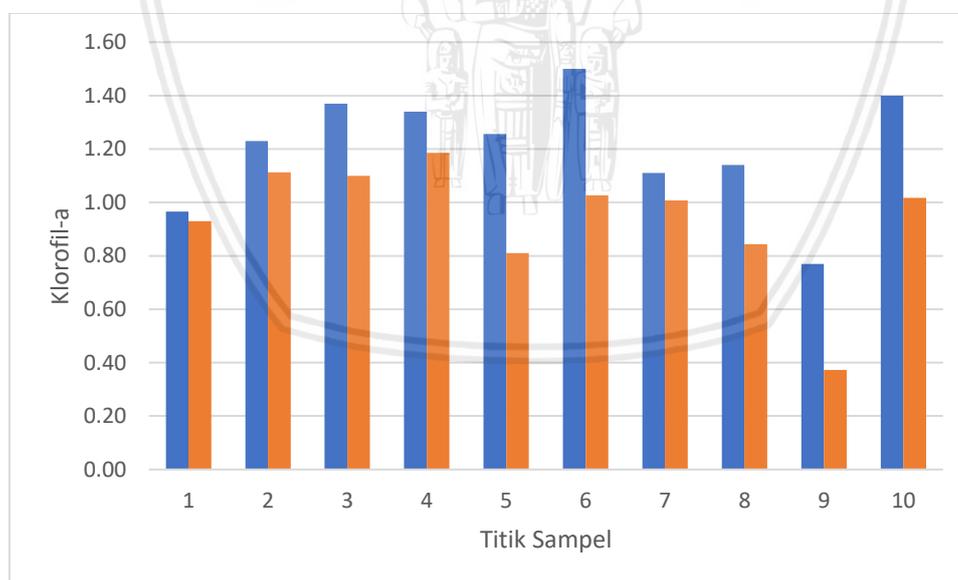


**Gambar 12.** Grafik Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Perbedaan nilai konsentrasi klorofil-a di setiap stasiun dikarenakan adanya perbedaan pemanfaatan dan aktivitas manusia. Perbedaan hasil yang ditemukan dikarenakan perbedaan kondisi lingkungan dan selain itu, distribusi klorofil-a fitoplankton dari waktu ke waktu sangat ditentukan oleh kondisi lingkungannya (Baktiar *et al.*, 2016). Selain itu nilai data *in situ* dan nilai data citra memiliki kecenderungan pola yang sama. Menurut Utami *et al.*, (2016), kecenderungan pola yang sama akan tetapi terdapat beberapa titik yang berbeda secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan waktu pengambilan data *in situ* dengan waktu perekaman citra dan kondisi citra satelit mendapat gangguan atmosfer, awan maupun kabut tipis (*haze*).

#### 4.4.3 Uji Akurasi Klorofil-a Data *In Situ* dengan Citra

Berdasarkan data *in situ* klorofil-a diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,37 mg/m<sup>3</sup>. nilai terendah 0,97 mg/m<sup>3</sup>, rata-rata sebesar 1,21 mg/m<sup>3</sup>, SE = 0,07, SD=0,22 dan Range= 0,37. Berdasarkan data citra klorofil-a diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,19 mg/m<sup>3</sup>, nilai terendah 0,37 mg/m<sup>3</sup>, rata-rata sebesar 0,94 mg/m<sup>3</sup>, SE = 0,07, SD=0,23, dan Range= 0,26. Data yang diperoleh dari analisis *in situ* maupun pengolahan citra untuk klorofil-a didapat dengan menggunakan microsoft excel dengan cara mencari selisih dan standar deviasi apakah dari kedua analisis tersebut mirip atau tidak. Dari hasil akurasi microsoft excel diketahui bahwa tingkat akurasi klorofil-a sebesar 74,73%. Adapun dari hasil analisis pengukuran klorofil-a *in situ* dan citra, didapatkan perbandingan nilai klorofil-a sebagai berikut pada **Gambar 13**.



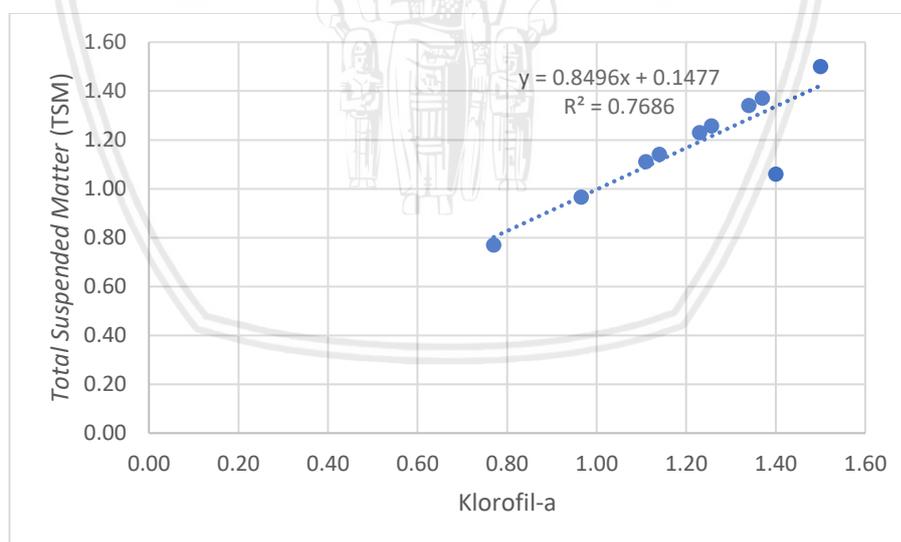
**Gambar 13.** Grafik Perbandingan Nilai Klorofil-a Data *in Situ* dan Citra

Perbedaan yang cukup signifikan antara data *in situ* dengan hasil analisis citra diduga disebabkan oleh berbedanya waktu pengambilan data *in situ* dengan waktu perekaman citra serta adanya pengaruh radiometrik

yang menghambat pancaran gelombang udara (Budianto dan Hariyanto, 2017). Dengan demikian, secara keseluruhan kemampuan instrumen penelitian (citra Landsat 8) untuk klorofil-a akan lebih baik jika pengambilan data *in situ* dilakukan pada waktu yang sama dengan perekaman citra satelit.

#### 4.5 Hubungan *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a

Analisis hubungan *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a dilakukan untuk mengetahui *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a benar-benar berhubungan atau tidak di dalam perairan lokasi penelitian tersebut. Analisis hubungan antara *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek dilakukan dengan menggunakan regresi linier sederhana  $y = 0.8496x - 0.1477$  dan  $R^2 = 0.7686$ . Adapun grafik hubungan Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) dapat dilihat pada **Gambar 14**.

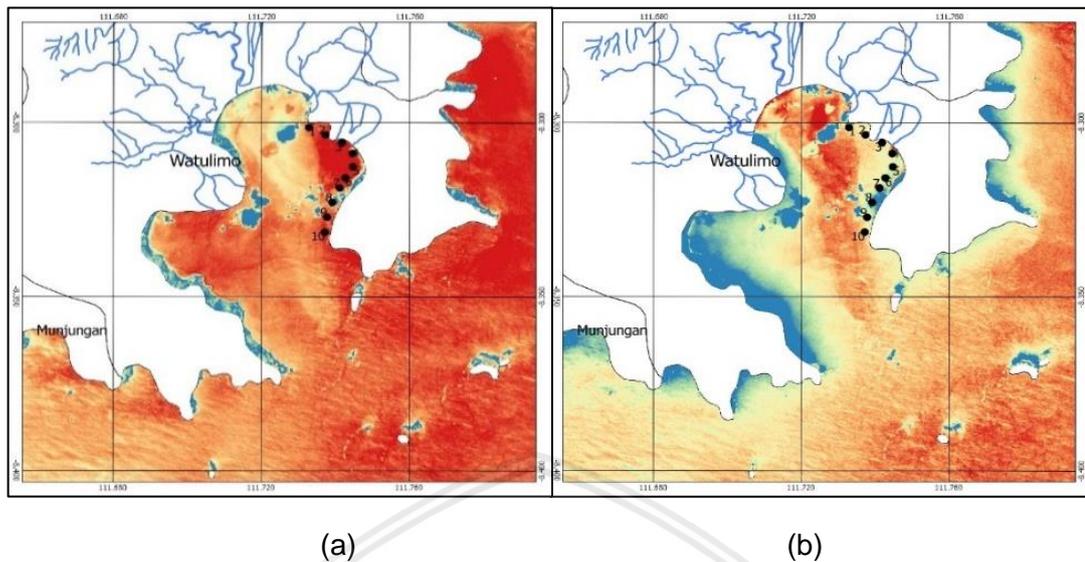


**Gambar 14.** Grafik hubungan *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a

Menurut Isnaeni *et al.*, (2015), nilai keeratan dapat dikategorikan sebagai berikut: 0,00 – 0,20 (hubungan sangat lemah), 0,21 – 0,40 (hubungan lemah), 0,41, 0,70 (hubungan sedang), 0,71 – 0,90 (hubungan

kuat) 0,91 – 1,00 (hubungan sangat kuat). Nilai hasil regresi yang didapat menunjukkan hubungan yang kuat, dengan nilai klorofil-a sebagai variabel bebas (y) dan *Total Suspended Matter* (TSM) sebagai Variabel terikat (x) yang mempengaruhi perubahan nilai klorofil-a di perairan. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,7686 yang berarti 76,86% *Total Suspended Matter* (TSM) mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek. Menurut Wirasatriya (2011), TSM berpengaruh terhadap kesuburan perairan dimana nilai konsentrasi TSM yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesis fitoplankton yang disini berperan sebagai produsen klorofil-a. Sehingga dapat disimpulkan bahwa TSM berkorelasi negatif terhadap Klorofil-a. Hidayat *et al.* (2013), menyatakan bahwa faktor abiotik mencakup parameter fisika - kimia perairan yang akan menentukan kelimpahan fitoplankton sebagai komponen biotik di suatu perairan. Variasi fitoplankton pada suatu perairan dapat disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan yaitu suhu, kecerahan, DO, pH, nitrat dan fosfat.

Namun, *Total Suspended Matter* (TSM) tidak selamanya selalu berkorelasi negatif dengan klorofil-a. *Total Suspended Matter* juga dapat berkorelasi positif dengan klorofil-a, hal ini dikarenakan klorofil-a yang bersumber dari fitoplankton perairan merupakan faktor pembentuk TSM itu sendiri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Efendi (2003) yang menyatakan bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Fenomena ini ditunjukkan oleh perbedaan korelasi TSM dan klorofil-a pada perairan bagian teluk dan perairan bagian luar teluk dari Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek pada **Gambar 15**.



**Gambar 15.** (a) Sebaran *Total Suspended Matter* (TSM), (b) Sebaran klorofil-a

Pada **gambar 15** dapat dilihat bahwa korelasi *Total suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a pada perairan bagian teluk dengan perairan bagian luar teluk berbeda. Pada perairan bagian teluk nilai *Total Suspended Matter* (TSM) cenderung tinggi yang diwakili dengan index warna merah pada **gambar 15(a)**, sedangkan nilai klorofil-a pada perairan bagian luar teluk cenderung rendah yang diwakili dengan index warna kuning muda dan biru pada **gambar 15(b)**. Hal ini menunjukkan bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) dengan klorofil-a di perairan bagian teluk tersebut berkorelasi negatif yang artinya semakin tinggi nilai konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) maka semakin rendah nilai klorofil-a di perairan tersebut. Tarigan dan Edward (2003), mengungkapkan bahwa *Total Suspended Matter* (total padatan tersuspensi) merupakan zat-zat padat berupa pasir, lumpur, dan tanah liat atau partikel-partikel tersuspensi dalam air. Keberadaan material padatan tersuspensi ini dapat mengganggu penetrasi cahaya yang masuk

ke dalam perairan yang berakibat terganggunya proses fotosintesis pada biota tumbuhan laut seperti fitoplankton sehingga menurunkan nilai konsentrasi klorofil-a (Boangmanalu *et al.*, 2018). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) yang ada di perairan bagian teluk Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek ini terdiri dari bahan abiotik seperti pasir, lumpur dan tanah liat.

Pada perairan bagian luar teluk nilai *Total Suspended Matter* (TSM) cenderung tinggi yang diwakili dengan index warna merah pada **gambar 15(a)**, begitu pula dengan nilai klorofil-a pada perairan bagian luar teluk juga cenderung tinggi yang diwakili dengan index warna kuning tua dan warna merah pada **gambar 15(b)**. Hal ini menunjukkan bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) dengan klorofil-a di perairan bagian luar teluk tersebut berkorelasi positif yang artinya semakin tinggi nilai konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) maka semakin tinggi pula nilai klorofil-a di perairan tersebut. Hal ini dapat terjadi karena fitoplankton yang merupakan penghasil klorofil-a menjadi salah satu faktor penyusun *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan tersebut. Sesuai dengan pernyataan Efendi pada tahun 2003, bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Jadi dapat disimpulkan bahwa *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan bagian luar teluk Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek sebagian besar berupa komponen hidup biotik seperti fitoplankton.

#### 4.6 Parameter Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dalam penelitian di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek dilakukan berdasarkan aspek

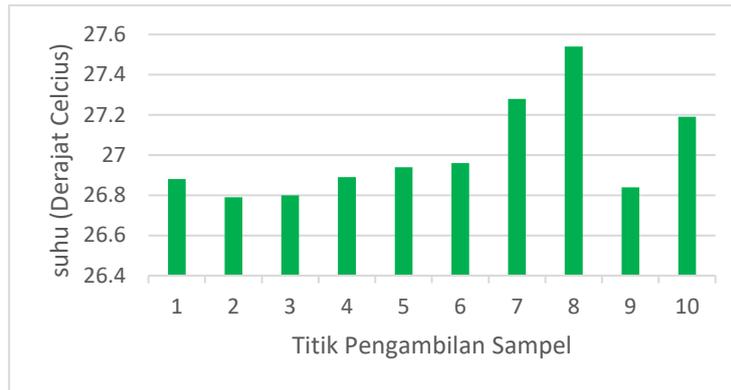
fisika dan kimia. Aspek fisika dan kimia dalam pengukuran kualitas air ini meliputi suhu, kecerahan, ph, nitrat, dan Fosfat. Pengukuran ini dilakukan karena kualitas air merupakan faktor yang mempengaruhi nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan Klorofil-a perairan. Adapun daftar nilai kualitas air pada setiap titik pengambilan air sampel tersaji pada **Tabel 12**.

**Tabel 12. Hasil Pengukuran Kualitas Air**

Suhu (°C)	Kecerahan (cm)	pH	Nitrat (mg/l)	Fosfat (mg/l)
26,88	75	8,27	11,2	0,23
26,79	61	8,29	8,9	0,12
26,80	63	8,33	11,8	0,32
26,89	58	8,32	14,6	0,29
26,94	66	8,34	9,1	0,13
26,96	65	8,33	12,3	0,19
27,28	70	8,33	10,5	0,15
27,54	77	8,28	11,5	0,1
26,84	76	8,33	9,3	0,14
27,19	79	8,34	10,1	0,14

#### 4.6.1 Suhu

Berdasarkan **Tabel 12** hasil pengukuran suhu air yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan pada bulan Mei di setiap titik sampelnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yakni berkisar antara 26,80°C – 27,54°C. Suhu ini masih di atas kisaran suhu air di perairan laut umumnya, dimana nilai suhu di lapisan permukaan laut yang normal berkisar antara 20-30 °C (Nybakken, 1988). Kisaran suhu perairan sebesar 20-30 °C merupakan kisaran suhu optimal bagi fitoplankton untuk tumbuh (Effendi, 2003). Adapun nilai suhu tiap titik sampel tersaji pada **Gambar 16**.



**Gambar 16.** Grafik Nilai Suhu

Suhu dapat mempengaruhi penyebaran, komposisi, serta kelimpahan fitoplankton di perairan. Suhu air merupakan salah satu faktor fisika penting yang banyak mempengaruhi kehidupan hewan dan tumbuhan air salah satunya adalah plankton. Pada perairan dangkal lapisan suhu air bersifat homogen berlanjut sampai ke dasar, sedangkan pada perairan laut yang lebih dalam terjadi perbedaan suhu antar kedalaman perairan sehingga mempengaruhi kelimpahan serta komposisinya di perairan (Handayani, 2009). Kenaikan suhu air dapat menurunkan kelarutan oksigen dalam air yang memberikan pengaruh langsung terhadap aktivitas ikan (Ismail dan Taofiqorohman, 2012).

Sebaran suhu air laut di suatu perairan dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, letak geografis perairan, sirkulasi arus, kedalaman laut, angin dan musim (Sidjabat, 1974). Suhu air di perairan dekat pantai relatif lebih tinggi daripada di lepas pantai. Kondisi ini disebabkan karena pergerakan massa air tawar dari aliran sungai yang masuk ke perairan, sehingga gerakan tersebut dapat menimbulkan panas, karena gesekan antara molekul air (Tarigan dan Edward, 2000). Berdasarkan derajat panas dinginnya, perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek masih tergolong optimum untuk kehidupan plankton.

#### 4.6.2 Kecerahan

Berdasarkan **Tabel 12** hasil pengukuran kecerahan air yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan pada bulan Mei di setiap titik sampelnya yakni berkisar antara 58 cm – 79 cm. Nilai kecerahan tertinggi terdapat pada titik sampel 10 yakni 79 cm, sedangkan nilai terendah yakni 58 cm terdapat pada beberapa titik sampel yakni titik sampel 4. Perbedaan kecerahan yang terjadi di setiap titik sampel akibat adanya perbedaan pemanfaatan perairan di setiap lokasi pengamatan. Adapun nilai kecerahan tiap titik sampel tersaji pada **Gambar 17**.



**Gambar 17.** Grafik Nilai Kecerahan

Kecerahan perairan adalah suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu. Pada perairan alami kecerahan sangat penting karena erat kaitannya dengan proses fotosintesa. Kecerahan merupakan faktor penting dalam proses fotosintesa dan produksi primer dalam suatu perairan (Sari dan Usman, 2012). Nilai kecerahan dipengaruhi oleh keadaan cuaca, warna perairan, waktu pengukuran, kekeruhan, padatan tersuspensi dan ketelitian orang yang melakukan pengukuran (Effendi, 2003). Secara umum kecerahan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek ini tergolong relatif rendah, jika dibandingkan dengan baku mutu air laut yang

diperuntukkan bagi biota laut yakni > 5 meter (Kep.51/MENKLH/2004). Menurunnya nilai kecerahan menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya ke dalam badan air sehingga proses fotosintesis kurang berjalan baik (Hardiyanto *et al.*, 2012).

Kedalaman dan kecerahan perairan akan mempengaruhi penetrasi intensitas cahaya matahari ke dalam perairan. Semakin tinggi kecerahan maka intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan akan semakin besar (Nybakken, 1992). Kecerahan air yang berkurang akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air dan dapat mempengaruhi kegiatan fisiologi biota air (Effendi, 2003). Kecerahan rendah disebabkan banyaknya aktivitas manusia yang menghasilkan limbah sehingga menyebabkan tingginya partikel terlarut dan partikel tersuspensi yang berasal dari aktivitas manusia tersebut (Mainassy, 2017).

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa kecerahan di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek termasuk rendah dan kurang optimal untuk proses fotosintesis.

#### 4.6.3 pH

Berdasarkan **Tabel 12** hasil pengukuran pH air yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan pada bulan Mei disetiap titik sampelnya yakni berkisar antara 8,27-8,34. Nilai pH yang didapat tersebut masih termasuk ke dalam nilai pH yang ideal untuk aktivitas organisme laut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pescod *dalam* Susana (2005) yang mengatakan bahwa batasan pH yang ideal bagi biota laut nilainya berkisar antara 6,5-8,5. Adapun nilai pH tiap titik sampel tersaji pada **Gambar 18**.



**Gambar 18.** Grafik Nilai pH

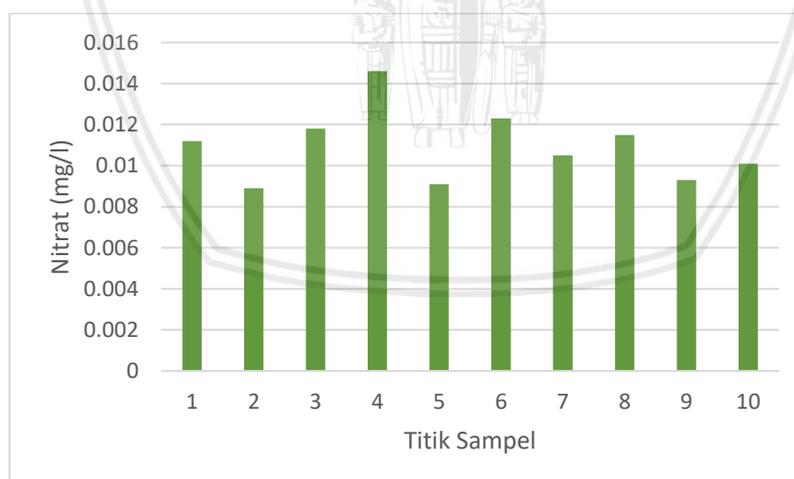
Derajat keasaman atau kadar ion H dalam air merupakan salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan. Tinggi atau rendahnya nilai pH air tergantung pada beberapa faktor yaitu, kondisi gas-gas dalam air seperti  $\text{CO}_2$ , konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan (Barus, 2004). Menurut Kusumaningtyas (2014), pH semakin meningkat ke arah laut lepas. Tinggi rendahnya pH dapat disebabkan oleh sedikit banyaknya bahan organik dari darat yang dibawa melalui aliran sungai.

Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air laut pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan mengganggu kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan pada proses metabolisme dan respirasi. Perubahan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amonia yang bersifat sangat toksik bagi organisme (Barus, 2004). Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan tumbuhan dan hewan perairan sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menilai kondisi suatu perairan sebagai lingkungan tempat hidup (Odum, 1971). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dinyatakan bahwa

nilai pH di perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek memiliki pH yang sesuai dengan kisaran perairan laut Indonesia pada umumnya yaitu diatas 7.

#### 4.6.4 Nitrat ( $\text{NO}_3$ )

Berdasarkan **Tabel 12** hasil pengukuran nitrat yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan pada bulan Mei di setiap titik sampelnya yakni 0,009 mg/l – 0,015 mg/l. Nilai nitrat tertinggi yakni pada titik sampel 4 yang merupakan daerah dekat dengan keramba jaring apung budidaya ikan kerapu sedangkan nilai terendah pada titik sampel 9 yang merupakan daerah pesisir pantai Pasir Putih. Kadar nitrat di perairan kecamatan Watulimo ini tergolong masih tinggi di atas kandungan nitrat yang umum dijumpai di perairan laut. Kadar nitrat yang normal di perairan laut umumnya berkisar antara 0,001-0,007 mg/l (Patty *et al.*, 2015). Adapun nilai nitrat tiap titik sampel tersaji pada **Gambar 19**.



**Gambar 19.** Grafik Nilai Nitrat

Perbedaan nilai nitrat di setiap titik sampel dapat terjadi karena adanya masukan zat hara dari aktifitas manusia maupun aliran sungai ke perairan. Kandungan nitrat yang tinggi diduga karena banyaknya aktivitas

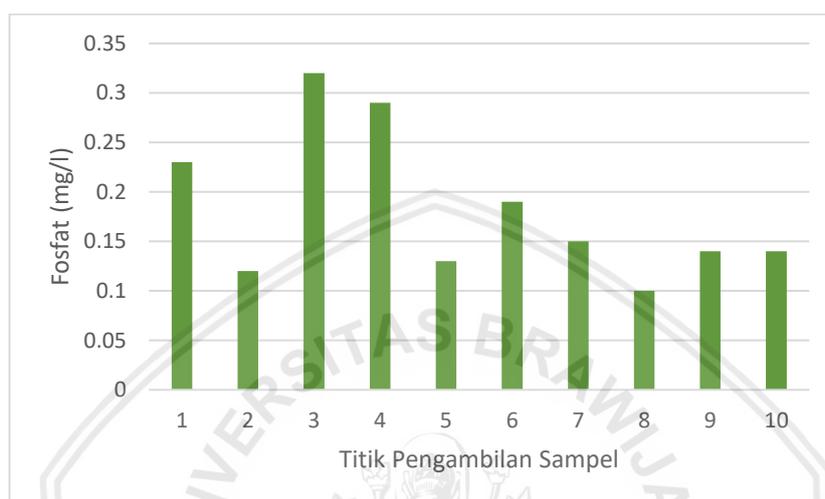
manusia salah satunya adalah kegiatan budidaya ikan kerapu di perairan tersebut. Clarck *et al.*, (1985) menyebutkan bahwa tiap kilogram ikan peliharaan akan menghasilkan nitrat sebesar 0,13–0,21 g/hari. Senyawa nitrat sebagai hasil oksidasi mikroba merupakan senyawa bersifat sangat reaktif dan mudah terlarut dalam air sehingga dapat langsung digunakan dalam proses biologis organisme. Kondisi nitrat di sekitar KJA cukup tinggi diduga karena pemanfaatannya sebagai pakan alami fitoplankton belum sepenuhnya selesai diproses.

Nitrogen memiliki peran penting pertumbuhan fitoplankton atau alga yang biasa digunakan sebagai indikator kualitas air dan tingkat kesuburan suatu perairan (Fachrul *et al.*, 2005). Faktor yang mempengaruhi produktifitas fitoplankton adalah tercukupinya zat hara yang dibutuhkan. Zat hara anorganik utama yang diperlukan oleh fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak adalah nitrogen sebagai nitrat ( $\text{NO}_3$ ). Nitrat dapat digunakan untuk mengklafisikasikan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrofik kadar nitrat 0–1 mg/l, perairan mesotrofik kadar nitrat 1–5 mg/l, perairan eutrofik kadar nitrat 5-50 mg/l (Mustofa, 2015). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dinyatakan bahwa kadar nitrat di perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek termasuk dalam perairan Oligotrofik.

#### **4.6.5 Fosfat (P)**

Hasil pengukuran fosfat yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan pada bulan Mei di setiap titik sampelnya yakni 0,1 mg/l – 0,32 mg/l. Nilai fosfat tertinggi yakni pada titik sampel 3 yang merupakan daerah dekat dengan keramba jaring apung penangkapan benur udang lobster. Nilai fosfat terendah pada titik sampel 8 yang merupakan daerah dekat bangunan hotel

pariwisata. Meningkatnya senyawa fosfat dipengaruhi oleh asupan nutrisi dari daerah tangkapan air, aktivitas penduduk sekitar pesisir dan kegiatan perikanan (Indrayani *et al.*, 2015). Adapun nilai fosfat tiap titik sampel tersaji pada **Gambar 20**.



**Gambar 20.** Grafik Nilai Fosfat

Tinggi rendahnya kadar fosfat di suatu perairan adalah salah satu indikator untuk menentukan kesuburan suatu perairan (Patty, 2013). Senyawa fosfat secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuhan-tumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan limbah baik limbah daratan seperti domestik, industri, pertanian, dan limbah peternakan ataupun sisa pakan yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara (Kristiawan *et al.*, 2014). Sumber utama fosfat di laut berasal dari sungai, penguraian sisa organisme dan pengadukan dasar laut (Faturahman *et al.*, 2016).

Tingginya kadar fosfat di daerah keramba jaring apung penangkapan benur udang lobster diduga terjadi akibat akumulasi sisa pakan, *feces*, dan

benur yang mati akibat penangkapan benur tersebut. Semakin tinggi nilai FCR maka jumlah limbah fosfat dari sisa pakan yang terlepas ke perairan semakin tinggi (Fachriza *et al.*, 2015). Kadar fosfat dan nitrat yang tinggi dan melebihi kebutuhan normal organisme akan menyebabkan keadaan lewat subur (eutrofikasi) yang akan merangsang terjadinya *blooming*. Hal ini memungkinkan terjadinya keadaan air anaerob sehingga akan menyebabkan kematian massal organisme perairan terutama ikan (Patty, 2015). Senyawa fosfat digunakan sebagai faktor pembatas kesuburan perairan yang berhubungan erat dengan komposisi fitoplankton (Reynolds *et al.*, 2001). Kandungan orthofosfat dalam air merupakan karakteristik kesuburan perairan tersebut. Perairan yang mengandung orthofosfat antara 0,003-0,010 mg/l merupakan perairan yang oligotrofik, 0,01-0,03 adalah mesotrofik dan 0,03-0,1 mg/l adalah eutrofik. Pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan kandungan orthofosfat adalah 0,09–1,80 mg/ltr (Mustofa, 2015). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dinyatakan bahwa kadar fosfat di perairan Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek termasuk dalam keadaan yang masih optimal untuk pertumbuhan fitoplankton.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis data *in situ* dan data citra didapatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek memiliki nilai yang tinggi dengan kisaran nilai data *in situ* 58,6 mg/l – 73,4 mg/l dan data citra yaitu 60,55 mg/l – 75,8 mg/l.
2. Berdasarkan hasil analisis data *in situ* dan citra didapatkan nilai klorofil-a di Pantai Pasir Putih, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek memiliki nilai yang rendah dengan kisaran nilai data *in situ* 0,77 mg/m<sup>3</sup> – 1,50 mg/m<sup>3</sup> dan data citra yaitu 0,37 mg/m<sup>3</sup> – 1,19 mg/m<sup>3</sup>.
3. Nilai keakuratan data *in situ* dan data citra satelit memiliki nilai yang jauh dari 0 yaitu dengan nilai akurasi Klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) masing-masing adalah 74,73% dan 78,08%. Hal ini menunjukkan bahwa keakurasian data citra sudah cukup baik.

### 5.2 Saran

#### 1. Pemerintah dan Instansi Terkait

Meningkatkan kesadaran masyarakat akan dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas wisata yang dilakukan secara berlebihan dengan memberikan sistem pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan.

#### 2. Akademisi

Penelitian lapang dilakukan bersamaan dengan tanggal perekaman citra agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. Menggunakan algoritma yang sesuai dengan lokasi penelitian agar nilai analisis yang relevan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abida, I. W. 2010. Struktur Komunitas dan Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Muara Sungai Porong Sidoarjo. *Jurnal Kelautan*. 3(1): 36-40.
- Affan, J. M. 2011. Seleksi Lokasi Pengembangan Budidaya Dalam Keramba Jaring Apung (Kja) Berdasarkan Faktor Lingkungan Dan Kualitas Air Di Perairan Pantai Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Sains MIPA*. 17 (3): 99-106.
- Afiati, N., Y. S. B. Susilo, M. L. Tobing, dan H. Susiati. 2006. Rona Awal Plankton Di Perairan Tapak PLTN Muria. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*. 8 (2): 49-65.
- Ali, M. 2015. Pemanfaatan Ruang Kawasan Pesisir. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*. Universitas Hasanuddin. Hal 1-8.
- Andana, E. K. 2015. Pengembangan Data Citra Satelit Landsat-8 untuk Pemetaan Area Tanaman Hortikultura dengan Berbagai Metode Algoritma Indeks Vegetasi (Studi Kasus: Kabupaten Malang Dan Sekitarnya). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*. 1-10 hlm.
- Aryawati, R., dan H. Thoha. 2011. Hubungan Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Berau Kalimantan Timur. *Maspari Journal*. Vol. 2: 89-94.
- Asyiwati, Y., dan L. S. Akliyah. 2014. Identifikasi Dampak Perubahan Fungsi Ekosistem Pesisir Terhadap Lingkungan Di Wilayah Pesisir Kecamatan Muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 14 (1): 1-13.
- Asyiwati, Y., F. Yulinda, R. Dahuri, S. R. P. Sitorus, S. B. Susilo. 2016. Status Ekosistem Pesisir Bagi Perencanaan Tata Ruang Wilayah Pesisir Di Kawasan Teluk Ambon. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 10 (1): 1-7.
- Ayuningsih, M. S., I. B. Hendrarto, dan P. W. Purnomo. 2014. Distribusi Kelimpahan Fitoplankton Dan Klorofil-a Di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: Hubungannya Dengan Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Perairan. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3 (2): 138-147.
- Badan Standar Nasional (SNI). 2005. Air dan dan Air Limbah – Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer. SNI 06-6989.23-2005. ICS 13.060.01.
- Barata, A., D. Novianto, dan A. Bahtiar. 2011. Sebaran Ikan Tuna Berdasarkan Suhu dan Kedalaman Di Samudera Hindia. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 16 (3): 165-170.



- Barus, T. A., S. S. Sinaga, dan R. Tarigan. 2008. Produktivitas Primer Fitoplankton dan Hubungannya dengan Faktor Fisika-Kimia Air di Perairan Prapat, Danau Toba. *Jurnal Biologi Sumatera*. 3 (1): 11-16.
- Basmi, J. 1995. Planktonologi : Produksi Primer. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultur. Experiment Stasion. Alabama. 482 hm.
- Budhiman, S. 2005. Pemetaan Sebaran Total Suspended Matter (Tsm) Menggunakan Data Aster Dengan Pendekatan Bio-Optical Model. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV: "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa"*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional – LAPAN. Surabaya.
- Chua, T. E. 2006. The Dynamic of Integrated Coastal Management : Practical Applications in the Sustainable Coastal Development in East Asia. Global Environment Facility/UNDP/PEMSEA. Quezone City. 468 p.
- Curran, P.J. 1985. Principles of Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing. Vol 6. London. Longman.
- Daulat, A., M. A. Kusumaningtyas, R. A. Adi, dan W. S. Pranowo. 2014. Sebaran Kandungan CO<sub>2</sub> Terlarut Di Perairan Pesisir Selatan Kepulauan Natuna. *Depik*. 3 (2): 166-177.
- Dharma, S. 2008. Pendekatan, Jenis, Dan Metode Penelitian Pendidikan. Direktorat Tenaga Kependidikan. Jakarta.
- Dinas Perikanan Kabupaten Malang. 2017. Rancangan Akhir Rencana Kerja Dinas Perikanan Kabupaten Malang Tahun 2017.
- Dirhamsyah. 2006. Pengelolaan Wilayah Pesisir Terintegrasi Di Indonesia. *Oseana*. 31 (1): 21-26.
- Djokosetiyanto, D., dan S. Rahardjo. 2006. Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton Di Perairan Pantai Dadap Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 13 (2): 135-141.
- Edward., dan Tarigan, M.S. 2003. Pengaruh Musim Terhadap Fluktuasi Kandungan Fosfat dan Nitrat di Laut Banda. *Makara Sains*. 7(2): 82-89.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Effendi, R., P. Palloan, dan N. Ihsan. 2012. Analisis Konsentrasi Klorofil-a Di Perairan Sekitar Kota Makassar Menggunakan Data Satelit Topex/Poseidon. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 8 (3): 279-285.

- Handoko., M. Yusuf, dan S. Y. Wulandari. 2013. Sebaran Nitrat Dan fosfat dalam Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton di Kelauan Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*. 2 (4): 47-53.
- Hanindito, G. A., E. Sedyono, dan A. Setiawan. 2014. Analisis Pantauan dan Klasifikasi Citra Digital Penginderaan Jauh dengan Data Satelit Landsat TM Melalui Teknik Supervised Classification (Studi Kasus Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara). *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen*. Vol. 8 : 214-247.
- Hartoko, A. 2013. Oceanographic Characters and Plankton Resources of Indonesia. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Hasan, M. I. 2002. Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya. Ghalia Indonesia. Bogor.
- Hermawan, M. D., B. Sasmito, Hani'ah, E. Parwati, dan S. Budhiman. 2012. Analisis Distribusi *Total Suspended Matter* dan Klorofil-a Menggunakan Citra Terra Modis Level 1B Resolusi 250 Meter dan 500 Meter. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hidayat, H. T. 2013. Penggunaan Metode *Matching* untuk Penentuan Kesesuaian Lokasi Budidaya Rumput Laut di Kabupaten Sumenep Menggunakan Sistem Informasi Geografi. *Scan*. 3 (3): 65-72.
- Himalayah, S., Hartono, dan P. Danoedoro. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 Multitemporal dan Model Forest Canopy Density (FCD) untuk Analisis Perubahan Kerapatan Kanopi Hutan di Kawasan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Gunung Kelud, Jawa Timur. *Jurnal Geografi Indonesia*. 31 (1): 65-72.
- Hutagalung. H. P. 1988. Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Oseana*. 13 (4): 153-164.
- Hutagalung, H. P., dan Rozak, A.. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Hutagalung, H. P., D. Setiapermana, dan S. H. Riyono. 1997. Metode Analisa Air Laut, Sedimen dan Biota Buku 2. Jakarta: P3O-LIPI.
- Indraswari, B., Aunurohim, dan F. K. Muzaki. 2015. Struktur Komunitas Fitoplankton Di Perairan Yang Terdampak Air Bahang Pltu Paiton Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4 (2): 25-31.
- Irawati, N., E. M. Adiwilaga, dan N. T. M. Pratiwi. 2013. Hubungan Produktivitas Primer Fitoplankton dengan Ketersediaan Unsur Hara dan Intesitas Cahaya Di Perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*. 13 (2): 197-208.



- Isnaini., H. Surbakti, dan R. Aryawati. 2014. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sekitar Pulau Maspari, Ogan Komering Ilir. *Maspari Journal*. 6 (1): 39-45.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (KLH). 2004. Baku mutu air laut untuk biota laut. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. KLH. Jakarta.
- Khasanah, R. I., A. Sartimbul, dan E. Y. Herawati. 2013. Kelimpahan dan Keanekaragaman Plankton di Pesisir Selat Bali. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 18 (4): 193-302.
- LAPAN. 2015. Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk Mangrove. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional 2015. Jakarta.
- LIPI. 2014. Pemetaan Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal. Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta.
- Maniagasi, R., S. S. Tumembouw, dan Y. Mundeng. 2013. Analisis Kualitas Fisika Kimia di Areal Budidaya Ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Budidaya Perairan*. 1 (2): 29-37.
- Marlian, N., A. Damar, dan H. Effendi. 2015. Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20 (3) : 272-279.
- Maspiyanti, F., M. I. Fanany, dan A. M. Arymurthy. 2013. Klasifikasi Fase Pertumbuhan Padi Berdasarkan Citra Hiperspektral Dengan Modifikasi Logika *Fuzzy* (Paddy Growth Stages Classification Based On Hyperspectral Image Using Modified Fuzzy Logic). *Jurnal Penginderaan Jauh*. 10 (1): 41-48.
- Massinai, M. A. 2005. Analisis Liputan Awan Berdasarkan Citra Satelit Penginderaan Jauh. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa*. Hal: 208-213.
- Maulid, R. R., dan A. N. Laily. 2015. Kadar Total Pigmen Klorofil dan Senyawa Antosianin Ekstrak Kastuba (*Euphorbia pulcherrima*) Berdasarkan Umur Daun. Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumberdaya Alam. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Merina, G., I. J. Zakaria, dan Chairul. 2016. Produktivitas Primer Fitoplankton dan Analisis Fisika Kimia Di Perairan Laut Pesisir Barat Sumatera Barat. *Jurnal Metamorfosa*. 3 (2): 112-119.
- Muchtar, M., dan Simanjuntak. 2008. Karakteristik dan Fluktuasi Zat Hara Fosfat, Nitrat dan Derajat Keasaman (pH) di estuary Cisadane pada Musim yang Berbeda, Dalam : kosistem Estuari Cisadane. LIPI: 139-148 hlm.

- Mustofa, A. 2015. Kandungan Nitrat Dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal DISPROTEK*. 6 (1): 13-19.
- Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan: Jakarta.
- Noraini, A., F. Arafah, dan F. Handoko. 2016. Studi Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Teknik Penginderaan Jauh. *Spectra*. 27 (14): 41-52.
- Nufus, H., S. Karina, dan S. Agustina. 2017. Analisis Sebaran Klorofil-a dan Kualitas Air Di Sungai Krueng Raba Lhoknga, Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unisyiah*. 2 (2) : 58-65.
- Nurfadillah., A. Damar, E. M. Adiwilaga. 2012. Komunitas fitoplankton di perairan Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan*. 1 (2): 93-98.
- Nuriya, H. 2010. "Pengukuran Konsentrasi Klorofil-A Dengan Pengolahan Citra Landsat Etm-7 Dan Uji Laboratorium Di Perairan Selat Madura Bagian Barat". *Jurnal Kelautan Universitas Trunojoyo* 3 (1): 33-39.
- Nuriya, H., Z. Hidayah, dan W. A. Nugraha. 2010. Pengukuran Konsentrasi Klorofil-A Dengan Pengolahan Citra Landsat Etm-7 Dan Uji Laboratorium Di Perairan Selat Madura Bagian Barat. *Jurnal Kelautan*. 3 (1): 60-65.
- Nurkhayati, R., dan H. M. Manik. 2016. GIS Untuk Integrasi Interpretasi Substrat Dasar Perairan menggunakan Pengolahan Citra ALOS-AVNIR dan Side Scan Sonar. *Jurnal Oto. Ktrl. Inst.* 8 (1): 25-39.
- NuzMei, M., S. B. Susilo, dan J. P. Panjaitan. 2017. Estimasi Produktivitas Primer Perairan Berdasarkan Konsentrasi Klorofil-A Yang Diekstrak Dari Citra Satelit Landsat-8 Di Perairan Kepulauan Karimun Jawa (*Estimation Of Sea Primary Productivity Based On Chlorophyll-A Concentration Derived From Satellite Landsat-8 Imagery In Karimun Jawa Island*). *Jurnal Penginderaan Jauh*. 14 (1): 25-36.
- NuzMei, M., S. B. Susilo, dan J. P. Panjaitan. 2017. Hubungan Antara Konsentrasi Klorofil-A Dengan Tingkat Produktivitas Primer Menggunakan Citra Satelit Landsat-8. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 8 (1): 105-114.
- Odum, E. P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga. Yogyakarta. Gajah Mada Universitypress.
- Parson, T. R., M. Takahashi, and B. Hargrave. 1984. Biological Oceanographic Processes. *Pergamon Press*. New York.
- Patty, S. I. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut Di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 2 (1): 1-7.

- Patty, S. I., H. Arfah, M. S. Abdul. 2015. Zat Hara (Fosfat, Nitrat), Oksigen Terlarut Dan pH Kaitannya dengan Kesuburan Di Perairan Jikumerasa, Pulau Buru. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 1 (1): 43-50.
- Pentury, R. dan H. J. D. Waas. 2009. Penentuan Konsentrasi Klorofil-a Perairan Teluk Kayeli Pulau Buru Menggunakan Metode Inderaja. *Jurnal Triton*. 5 (2): 60-66.
- Peraturan Gubernur Bali No. 8. 2007. Baku Mutu Lingkungan Hidup Dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup.
- Pigawati, B. 2005. Identifikasi Potensi dan Pemetaan Sumberdaya Pesisir Pulau-Pulau Kecil dan Laut Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 10 (4) : 229 -236.
- Prasetyaningtyas, T., B. Priyono, dan T. A. Pribadi. 2012. Keanekaragaman Plankton Di Perairan Tambak Ikan Bandeng Di Tapak Tugurejo, Semarang. *Unnes Journal of Life Science*. 1 (1): 54-61.
- Prescod, M.B. 1973. Investigation Of Rational Effluent and Stream Standards For Tropical Countries. US Army Research and Development Group Far East. PO San Fransisco. AIT Bangkok. 59 p.
- Prianti., T. Z. Ulqodry, dan R. Aryawati. 2013. Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Selat Bangka dengan Menggunakan Citra Aqua-Modis. *Maspari Journal*. 5 (1): 22-33.
- Putra, R. M., B. Semedi, M. A. Z. Fuad, dan S. Budhiman. 2014. Analisa Sedimen Tersuspensi (*Total Suspended Matter*) Di Perairan Timur Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit Landsat Dan Spot. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Hlm 444-455.
- Rasyid, Abd. 2009. Distribusi Klorofil-a Pada Musim Peralihan Barat-Timur Di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 9 (2): 125-132.
- Reynolds, C. S. 1990. Ecologi of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press. Cambridge. 383 hlm.
- Risamasu, F. J. L., dan H. B. Prayitno. 2011. Kajian Zat Hara Fosfat, Nitrit, Nitrat dan Silikat di Perairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 16 (3): 135-142.
- Ritniasih, Ita. 2015. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di Padang Lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18 (3): 121-126.
- Riyono, S. H. 2007. Beberapa Sifat Umum dari Klorofil Fitoplankton. *Oseana*. 32(1): 23-31.
- Rohayati, T., Hilda, dan Husna. 2003. Produktivitas Primer Dan Komunitas Plankton Di Danau Buatan Kawasan Pemukiman Ogan Permata



Indah Jakabaring Palembang. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*. 1 (1): 1-14.

Rudianto. 2014. Analisis Restorasi Ekosistem Wilayah Pesisir Terpadu Berbasis *Co-Management* : Studi Kasus di Kecamatan Ujung Pangkah dan Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik. *Research Journal Of Life Science*. 1 (1): 54-67.

Rukminasari, N., Nadiarti, dan K. Awaluddin. 2014. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium Dan Laju Pertumbuhan Halimeda Sp. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*. 24 (1): 28-34.

Rumanti, M., S. Rudiyantri, dan M. N. Suparjo. 2014. Hubungan Antara Kandungan Nitrat dan Fosfat dengan Kelimpahan Fitoplankton di Sungai Bremsi Kabupaten Pekalongan. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3 (1): 168-176.

Salim, A. R., H. Purnaweni, dan W. Hidayat. 2011. Kajian Pemanfaatan Ruang Kawasan Pesisir Kabupaten Bone Bolango Yang Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Desa Botubarani Dan Desa Huangobotu). *Jurnal Ilmu Kelautan*. 9 (1): 39-47.

Sampurno, R. M., dan A. Thoriq. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*. 10 (2): 61-70.

Semedi, B., dan N. M. Safitri. 2015. Estimasi Distribusi Klorofil-A di Perairan Selat Madura Menggunakan Data Citra Satelit Modis dan Pengukuran *In Situ* Pada Musim Timur. *Research Journal of Life Science*. 2 (1): 40-49.

Shalihati, S. F. 2014. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi dalam Pembangunan Sektor Kelautan Serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim. *Geoedukasi*. 3 (2): 115-126.

Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan*. 11 (1): 31-45.

Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut Ditinjau dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis FPIK-IPB*. Vol. 4 (2): 290-303.

Sitanggang, G. 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). *Berita Dirgantara*. 11(2): 47-58.

Subarjanti, H.U. 2015. Pengantar Ekologi perairan. FPIK UB : Malang.

Sugandi, D. 2011. Pengelolaan Sumberdaya Pantai. *Gea*. 11 (1): 50-58.

- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung. 1137 hlm.
- Sulma, S., A.K.S. Mannopo, D. Indarto. 2008. Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Kajian Potensi Budidaya Perikanan Laut. Laporan Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh. LAPAN.
- Suniada, K. I., B. Realino, dan M. W. Indriyawan. 2012. Pemanfaatan Data Satelit Penginderaan Jauh untuk Penentuan Lokasi Budidaya Rumput Laut Di Desa Kaliuda Kec. Pahungalodu, Kab. Sumba Timur – NTT. *Ecotrophic*. 7 (1): 16 – 27.
- Supriatna, W., dan Sukartono. 2002. Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit. *Buletin Teknik Pertanian*. 7 (1): 4-6.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, SPOT Dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah WIDYA*. 1 (2): 167-174.
- Swingle, H. S. 1968. Fish Kills Cause by Phytoplankton Blooms and Their Prevention. Proc. World Symp. On Warm-Water Pond Fish Culture, FAO Fish. Rep. 44: 402-411.
- Syah, A. F. 2010. Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya Di Wilayah Pesisir Dan Lautan. *Jurnal Kelautan*. 3 (1): 18-28.
- Tatangindatu, F., O. Kalesaran, dan R. Rompas. 2013. Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Budidaya Perairan*. 1 (2): 8-19.
- Taofiqurohman, A. 2011. Citra Modis Resolusi 250 Meter untuk Analisis Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Di Perairan Berau Kalimantan Timur. *Jurnal Akuatika*. 2 (2).
- Taufik, M., dan N. Wiliyanto. 2016. Analisa Persebaran Klorofil-A Menggunakan Citra Meris Dan Citra Aqua Modis (Studi Kasus: Perairan Pantai Banyuwangi). *Geoid*. 11 (2): 199-204.
- Thurman, H. V. 1994. Introduction Oceanography 7th edition. MacMillan Publishing Company: New York.
- Tuahatu, J. W., dan S. Tubalawony. 2009. Sebaran Nitrat Dan Fosfat Pada Massa Air Permukaan Selama Bulan Mei 2008 Di Teluk Ambon Bagian Dalam. *Jurnal Triton*. 5 (1): 34-50.
- Tungka, A. W., Haeruddin, dan Churun Ain. 2016. Konsentrasi Nitrat dan Ortofosfat di Muara Sungai Banjir Kanal Badrat dan Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton *Harmful Alga Bloom* (HABs). 12 (1): 40-46.

- US Environmental Protection Agency. 1973. Water Quality Criteria 1972, EPAR3-73-033-March 1973. p177.
- Valiela, I. 1984. Marine Ecological Process. Springer-Verlag. NewYork. USA.
- Wardoyo, S. T. H. 1975. Kriteria Kualitas Air untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan. Training Analisa Dampak Lingkungan. PPLN-UNDP-PUSDI-PSI, IPB. Bogor. 45 hlm.
- Wardoyo, S. T. H. 1982. Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program. Biotrop, SEAMEO. Bogor. p 81.
- Warman, Indra. 2015. Uji Kualitas Air Muara Sungai Lais untuk Perikanan Di Bengkulu Utara. *Jurnal Agroqua*. 13 (2): 24-33.
- Widianingsih., R. Hartati, A. Djamali, dan Sugestningsih. 2007. Kelimpahan dan Sebaran Horizontal Fitoplankton di Perairan Pantai Timur Pulau Belitung. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 12 (1): 6-11.
- Yulianto, D., M. R. Muskananfolo, dan P. W. Purnomo. 2014. Tingkat Produktivitas Primer Dan Kelimpahan Fitoplankton Berdasarkan Waktu Yang Berbeda Di Perairan Pulau Panjang, Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3 (4): 195-200.
- Zulhaniarta, D., Fauziah, A. I. Sunaryo, dan R. Aryawati. 2015. Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Terhadap Nutrien Di Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. 7 (1): 9-20.
- Zulkifli, H., Z. Hanafiah, D. A. Puspitawati. 2009. Struktur dan Fungsi Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Musi Kota Palembang: Telaah Indikator Pencemaran Air. Jurusan FMIPA. Universitas Sriwijaya.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Pribadi



Pengukuran Nitrat

Pengukuran Nitrat





Pengukuran Fosfat



Pengambilan air sampel uji





Pengukuran Klorofil-a

Pengukuran Kecerahan



Lanjutan Lampiran 1. Dokumentasi Pribadi



Pengukuran Nitrat dan Fosfat