

**ANALISIS SEBARAN KLOROFIL-A DAN TSM (*Total Suspended Matter*)
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI PERAIRAN PESISIR
PADA TIGA KECAMATAN, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh :
RIFQA ANNISA
NIM. 145080101111029



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**ANALISIS SEBARAN KLOROFIL-A DAN TSM (*Total Suspended Matter*)
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI PERAIRAN PESISIR
PADA TIGA KECAMATAN, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

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



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

SKRIPSI

ANALISIS SEBARAN KLOROFIL-A DAN TSM (*Total Suspended Matter*)
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI PERAIRAN PESISIR PADA
TIGA KECAMATAN, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR

Oleh:

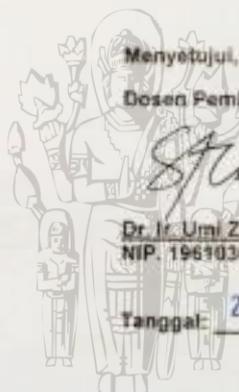
RIFQA ANNISA
NIM. 14508010111029



Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Muhammad Firdaus, MP
NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal: 24 OCT 2018



Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Umi Zakiyah, M.Si
NIP. 19690303 198602 2 001

Tanggal: 24 OCT 2018

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II

Arief Darmawan, S. Si, M.Sc
NIK. 2016078008021001

Tanggal: 24 OCT 2018



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **ANALISIS SEBARAN KLOOROFIL-A DAN TSM (*Total Suspended Matter*) MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH DI PERAIRAN PESISIR PADA TIGA KECAMATAN, KABUPATEN MALANG, JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Rifqa Annisa

NIM : 145080101111029

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 1 : Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

Dosen Penguji 2 : Evellin Dewi Lusiana, S.Si., M.Si

Tanggal Ujian : 5 Oktober 2018

PERNYATAAN ORISINALITAS

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 ditulis 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 sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 5 Oktober 2018

Mahasiswa,

Rifqa Annisa

UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. Orang tua (Ibu, Bapak, Ayah dan Umi) dan saudara-saudari saya yang selalu memberikan dukungan material maupun moril.
2. Ibu Dr.Ir. Umi Zakiyah, MSi 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. Teman-teman satu bimbingan (Arulia, Gema, Senja, Bayu, Adzam, Hasga, Vidi, dan Audria) atas diskusinya selama penelitian.
4. Teman Lapang (Rizal Prabowo, Uswatun, Arelano, Audria, Arulia dan Faiz) yang telah bersedia meluangkan waktu dalam membantu proses penelitian ini.
5. Bora N. H, atas waktunya yang selalu mendengarkan cerita keluh kesah maupun bahagia dimanapun penulis berada.
6. Teman-teman keluarga besar MSP 2014 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 Oktober 2018

Rifqa Annisa

RINGKASAN

Rifqa Annisa. Analisis Sebaran Klorofil-A Dan Tsm (*Total Suspended Matter*) Menggunakan Penginderaan Jauh Di Perairan Pesisir Pada Tiga Kecamatan, Kabupaten Malang, Jawa Timur (di bawah bimbingan **Dr.Ir. Umi Zakiyah, Msi** dan **Arief Darmawan, S.Si, M.Sc**).

Kawasan pesisir Kabupaten Malang merupakan pesisir yang terletak di pesisir selatan Jawa. Perubahan kondisi ekologi akibat banyaknya aktivitas manusia yang memanfaatkan wilayah pesisir. Pendugaan kondisi ekologi perairan dapat diamati dengan pengukuran parameter kualitas perairan diantaranya yaitu parameter biologi seperti klorofil-a dan fitoplankton, parameter fisika seperti suhu, pH, dan *Total Suspended Matter* (TSM), dan parameter kimia seperti nitrat dan fosfat. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh digunakan sebagai pendugaan kualitas perairan dalam bidang perikanan dan kelautan. Data inderaja tersebut dapat digunakan untuk menentukan sistem kesesuaian perairan terhadap kesuburan perairan berdasarkan beberapa parameter yang diperlukan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis sebaran klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing dan menganalisis akurasi hasil pengukuran parameter klorofil-a dan TSM menggunakan data citra Landsat 8 OLI dan data *in situ*. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 14 Mei 2018 di pesisir Kabupaten Malang pada tiga kecamatan Jawa Timur dengan pengambilan sampel dilakukan disepuluh titik pengamatan. Analisis kualitas air dilakukan pada tanggal 15 Mei 2018 di laboratorium UPTPBAP Bangil, Pasuruan Jawa Timur. Materi dalam penelitian ini adalah memetakan sebaran keruangan klorofil-a, dan TSM dan melakukan pengukuran kualitas air berdasarkan kondisi perairan dan pemanfaatan lahan di pesisir Kabupaten Malang yang berbeda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan teknik pengambilan data meliputi data primer yang berupa hasil pengamatan lapang dan data sekunder berupa literatur atau hasil penelitian sebelumnya.

Hasil Analisis Sebaran Klorofil-a dan TSM (*Total Suspended Matter*) menggunakan Penginderaan Jauh Di Pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur didapatkan hasil nilai klorofil-a *in situ* berkisar antara 0,92 – 2,48 mg/m³, nilai klorofil-a citra berkisar 0,86 – 1,34 mg/m³, nilai TSM *in situ* berkisar antara 64 – 74 mg/l dan TSM citra berkisar 71,8 – 80,26 mg/l. Dari hasil data *in situ* dan data citra didapatkan nilai akurasi klorofil-a yaitu 69,17% dan akurasi TSM yaitu 80,41%. Selain pengukuran klorofil-a dan TSM juga dilakukan pengukuran kualitas air dan didapatkan nilai suhu berkisar 27°C – 27,44°C, kecerahan berkisar 58 cm – 72 cm, pH berkisar 8,02 – 8,24, nitrat berkisar 0,008 mg/l – 0,016 mg/l, dan fosfat berkisar 0,04 mg/l – 0,21 mg/l. Penelitian ini menggunakan analisis regresi untuk mengetahui hubungan Nilai TSM dan Klorofil-a. Hasil regresi didapatkan nilai sebesar 83,14%, yang artinya variabel x yaitu TSM mempengaruhi variabel y yaitu klorofil-a. Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu persebaran klorofil-a dan TSM mendapatkan nilai yang hampir merata, walaupun beberapa titik mendapatkan hasil yang berbeda karena pengaruh *landuse* pada daerah titik sampling tersebut dan terdapat hubungan antara nilai TSM dan klorofil-a setelah dilakukan analisis regresi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta kelancaran dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Analisis Sebaran Klorofil-A Dan Tsm (*Total Suspended Matter*) Menggunakan Penginderaan Jauh Di Perairan Pesisir Pada Tiga Kecamatan, Kabupaten Malang, Jawa Timur”, sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Laporan Skripsi ini terkait dengan teknologi penginderaan jauh dalam membandingkan data *in situ* dengan data citra sebaran klorofil-a dan TSM di pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur. Penulisan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan dari segala aspek dalam tata cara penulisan maupun dalam penggunaan tata bahasa di dalamnya. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat dijadikan sebagai pengalaman dan pengetahuan pada masa yang akan datang.

Malang, 3 Agustus 2018

Penulis

Rifqa Annisa

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	xiii
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Kegunaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Tempat dan Waktu	Error! Bookmark not defined.
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Pesisir	Error! Bookmark not defined.
2.2 Fitoplankton.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Klorofil-a	Error! Bookmark not defined.
2.4 TSM (<i>Total Suspended Matter</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.5 Parameter Pendukung Kehidupan Fitoplankton.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Suhu	Error! Bookmark not defined.
2.5.2 Derajat Keasaman (pH).....	Error! Bookmark not defined.
2.5.3 Kecerahan.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.4 Nitrat	Error! Bookmark not defined.
2.5.5 Fosfat.....	Error! Bookmark not defined.
2.6 Penginderaan Jauh	Error! Bookmark not defined.
2.6.1 Citra Satelit Landsat-8.....	Error! Bookmark not defined.
2.6.2 Identifikasi Sebaran Klorofil-a dan TSM dalam Penginderaan Jauh	Error! Bookmark not defined.
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Materi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Data Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1 Data Primer	Error! Bookmark not defined.
3.4.2 Data Sekunder	Error! Bookmark not defined.
3.5 Lokasi Pengambilan Sampel	Error! Bookmark not defined.
3.6 Tahap Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6.1 Teknik Pengambilan Sampel	Error! Bookmark not defined.
3.6.2 Teknik Pengolahan Data	Error! Bookmark not defined.

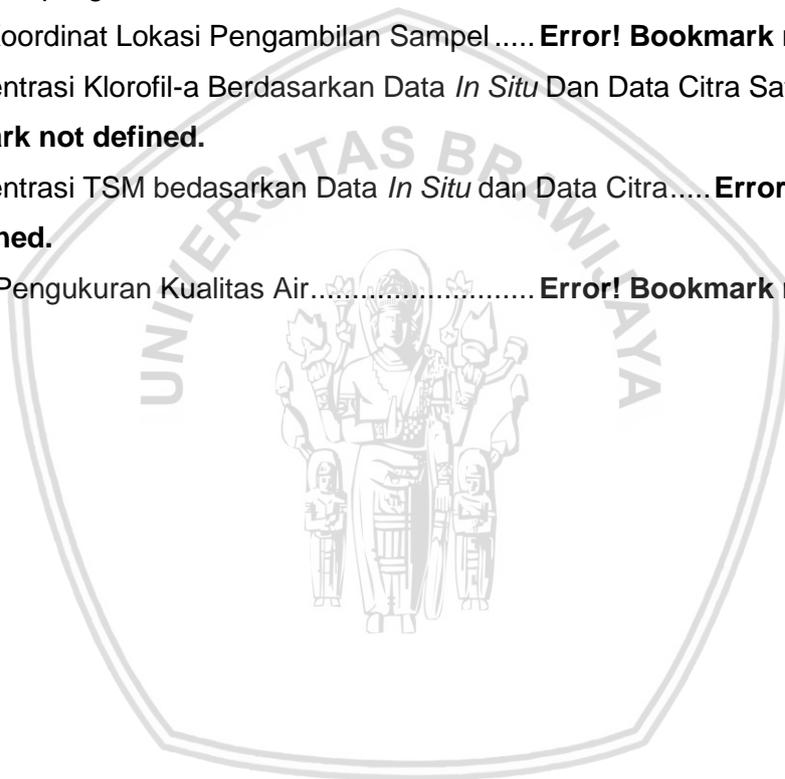


4. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Hasil Pengukuran Klorofil-a <i>in situ</i> dan Klorofil-a Citra....	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Hasil Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data <i>In situ</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Hasil Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
4.3.3 Uji Akurasi Klorofil-a dengan Klorofil-a Data Citra Satelit.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.4 Perbandingan Hasil Akurasi Klorofil-a Berdasarkan Waktu Pengamatan.....	Error! Bookmark not defined.
4.4 Hasil Pengukuran TSM Data <i>In situ</i> dan TSM Data Citra	Error! Bookmark not defined.
4.4.1 Hasil Analisis <i>Total Suspended Matter</i> (TSM) Berdasarkan Data <i>In situ</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.2 Hasil Analisis <i>Total Suspended Matter</i> (TSM) Berdasarkan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
4.4.3 Uji Akurasi TSM Data <i>In situ</i> dengan TSM Data Citra Satelit...	Error! Bookmark not defined.
4.4.4 Perbandingan Hasil Akurasi TSM Berdasarkan Waktu Pengamatan.....	Error! Bookmark not defined.
4.5 Hubungan Klorofil-a dan TSM	Error! Bookmark not defined.
4.6 Parameter Kualitas Air.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.1 Suhu	Error! Bookmark not defined.
4.6.2 Kecerahan.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.3 pH	Error! Bookmark not defined.
4.6.4 Nitrat (NO ₃)	Error! Bookmark not defined.
4.6.5 Fosfat (PO ₄)	Error! Bookmark not defined.
5. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis Fitoplankton Berdasarkan Ukuran.....	Error! Bookmark not defined.
2. Spesifikasi Citra Landsat 8 OLI.....	Error! Bookmark not defined.
3. Spesifikasi Kanal-Kanal Spektral Sensor Citra Landsat 8 OLI-TIRS	Error! Bookmark not defined.
4. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma.....	Error! Bookmark not defined.
5. Titik Sampling Berdasarkan <i>Landuse</i>	Error! Bookmark not defined.
6. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel.....	Error! Bookmark not defined.
7. Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data <i>In Situ</i> Dan Data Citra Satelit ...	Error! Bookmark not defined.
8. Konsentrasi TSM berdasarkan Data <i>In Situ</i> dan Data Citra.....	Error! Bookmark not defined.
9. Hasil Pengukuran Kualitas Air.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses Fotosintesis (Rasyid, 2009).....	Error! Bookmark not defined.
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	Error! Bookmark not defined.
3. Alur Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4. Alur Pengolahan Data Citra Satelit.....	Error! Bookmark not defined.
5. Peta Titik Pengambilan Sampel	Error! Bookmark not defined.
6. Peta Interpolasi Klorofil-a Berdasarkan Data <i>In Situ</i>	Error! Bookmark not defined.
7. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data <i>In Situ</i> ...	Error! Bookmark not defined.
8. Peta Sebaran Klorofil-a Berdasarkan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
9. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data Citra.....	Error! Bookmark not defined.
10. Grafik Perbandingan Nilai Klorofil-a Data <i>In Situ</i> dan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
11. (a) Grafik Klorofil-a 7 Mei 2018, (b) Grafik Klorofil-a 10 Juli 2018.....	Error! Bookmark not defined.
12. (a) Peta Sebaran Klorofil-a 7 Mei 2018, (b) Peta Sebaran Klorofil-a 10 Juli 2018	Error! Bookmark not defined.
13. Grafik Konsentrasi TSM <i>In Situ</i>	Error! Bookmark not defined.
14. Peta Interpolasi TSM <i>In Situ</i>	Error! Bookmark not defined.
15. Peta Sebaran TSM Berdasarkan Data Citra ...	Error! Bookmark not defined.
16. Grafik Konsentrasi TSM Berdasarkan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
17. Grafik Perbandingan Nilai TSM Data <i>In Situ</i> dan Data Citra.	Error! Bookmark not defined.
18. (a) Grafik TSM 7 Mei 2018, (b) Grafik TSM 10 Juli 2018	Error! Bookmark not defined.
19. (a) Peta Sebaran TSM 7 Mei 2018, (b) Peta Sebaran TSM 10 Juli 2018	Error! Bookmark not defined.
20. Grafik Hubungan TSM dan Klorofil-a	Error! Bookmark not defined.
21. Grafik Nilai Suhu.....	Error! Bookmark not defined.



- 22. Grafik Nilai Kecerahan **Error! Bookmark not defined.**
- 23. Grafik Nilai pH..... **Error! Bookmark not defined.**
- 24. Grafik Nilai Nitrat..... **Error! Bookmark not defined.**
- 25. Grafik Nilai Fosfat **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Bahan-bahan yang digunakan untuk Pengukuran Data Lapang (<i>in situ</i>)..	Error! Bookmark not defined.
3. Data Kualitas Air	Error! Bookmark not defined.
4. Data <i>In Situ</i> dan Data Citra	Error! Bookmark not defined.
5. Dokumentasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.





1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan suatu sistem yang terdiri dari sub-sistem lingkungan daratan dan lingkungan perairan serta aktivitas manusia baik aktivitas sosial maupun ekonomi (Chua, 2006). Pemanfaatan wilayah pesisir oleh masyarakat sekitar digunakan untuk berbagai kegiatan seperti penangkapan ikan, budidaya jaring apung, pertanian, pariwisata, maupun sebagai pemukiman. Kegiatan pemanfaatan wilayah pesisir menyebabkan berbagai dampak dari aspek ekologi yaitu terjadinya penurunan kualitas lingkungan, seperti pencemaran, perusakan ekosistem dan penangkapan ikan yang berlebihan (*overfishing*) (Rudianto, 2014). Ketidak teraturan pemanfaatan lahan, berimplikasi terhadap kualitas perairan dan ekosistem pesisir (Asyiwati *et al.*, 2016). Dampak selanjutnya dari pemanfaatan pesisir yang tidak sesuai menyebabkan masuknya bahan organik (Merina *et al.*, 2016).

Bahan organik adalah kumpulan senyawa - senyawa organik kompleks yang telah mengalami proses dekomposisi oleh organisme pengurai (Supriyantini *et al.*, 2017). Bahan-bahan organik secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan limbah baik limbah daratan seperti domestik, industri, pertanian, dan limbah peternakan kemudian dengan adanya bakteri pengurai menjadi zat hara (Kristiawan *et al.*, 2014). Masuknya bahan organik ke pesisir dapat mempengaruhi kualitas air, kemudian berpengaruh pada keberadaan organisme di perairan khususnya pada fitoplankton yang merupakan organisme yang pertama merespon perubahan kualitas air (Abida, 2010).

Peranan fitoplankton dalam suatu perairan yaitu sebagai dasar rantai makanan dan sebagai salah satu parameter tingkat kesuburan suatu perairan (Khasanah *et al.*, 2013). Kelimpahan fitoplankton ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kecerahan, suhu, arus air, dan ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan fitoplankton itu sendiri (Indraswari *et al.*, 2015). 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).

Keberadaan fitoplankton menggambarkan jumlah klorofil-a 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 (Marian *et al.*, 2015). Sehingga jumlah klorofil-a di perairan dipengaruhi pertumbuhan fitoplankton, sedangkan pertumbuhan fitoplankton dipengaruhi kondisi lingkungan perairan. Salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya klorofil-a dalam fitoplankton untuk berfotosintesis yaitu kecerahan dan kekeruhan perairan, 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). Pengamatan terhadap sebaran TSM dan klorofil-a dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, karena nilai TSM maupun Klorofil-a yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga

mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air serta mengurangi kadar oksigen didalam air tersebut (Hermawan *et al.*, 2012).

Pengamatan TSM dan klorofil-a di perairan dapat mendeteksi keberadaan fitoplankton di perairan dengan menggunakan teknik penginderaan jauh (Hidayat, 2013). Penginderaan jauh merupakan suatu teknik cara untuk mendapatkan suatu informasi objek kajian tanpa kontak langsung dengan objek yang dikaji (Prianto *et al.*, 2013). Penginderaan jauh memanfaatkan sensor radiasi elektromagnetik untuk merekam gambar lingkungan bumi yang dapat diinterpretasikan sehingga menghasilkan informasi yang berguna (Syah, 2010).

Banyaknya aktivitas manusia yang mempengaruhi kualitas perairan di wilayah pesisir Kabupaten Malang seperti pemukiman, industri, Tempat Pelelangan Ikan (TPI), pelabuhan, pariwisata dan sebagai kawasan konservasi. Pengamatan pada penelitian ini dilakukan di tiga kecamatan yaitu Kecamatan Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing untuk melihat pengaruh aktivitas manusia terhadap kualitas perairan. Salah satu cara pendugaan kondisi kualitas perairan dan tingkat kesuburan perairan dengan mengamati sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) dan klorofil-a sebagai pigmen penangkap cahaya pada fitoplankton dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Sumber data pada penelitian ini menggunakan data Citra Satelit Landsat 8 sebagai data *ex situ* dan pengambilan data di lapang atau secara *in situ*. Maka penelitian ini dilakukan untuk melihat dampak kegiatan manusia di tiga Kabupaten Pesisir Malang terhadap kualitas perairan berdasarkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) dan nilai klorofil-a sebagai parameter utama pendugaan kondisi perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) berdasarkan data citra satelit Landsat 8 dan data lapang?
2. Bagaimana sebaran klorofil-a di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) berdasarkan data citra satelit Landsat 8 dan data lapang?
3. Bagaimana akurasi data citra satelit dengan data *in situ* pada klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM)?
4. Bagaimana hubungan antara klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) di tiga kecamatan pesisir (Bantur, Gedangan, Sumbermanjing) Kabupaten Malang, Jawa Timur?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) berdasarkan data citra satelit Landsat 8 dan data lapang.
2. Untuk menganalisis sebaran klorofil-a di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) berdasarkan data citra satelit Landsat 8 dan data lapang.
3. Untuk menganalisis akurasi data citra satelit dengan data *in situ* pada klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM).
4. Untuk menganalisis hubungan antara klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM) di tiga kecamatan pesisir (Bantur, Gedangan, Sumbermanjing) Kabupaten Malang, Jawa Timur.

1.4 Kegunaan Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah data analisis 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 pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur, ditiga Kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing dengan tepat, serta dapat bermanfaat sebagai penelitian lanjutan terkait klorofil-a dan *Total Suspended Matter* (TSM).

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di perairan pesisir pada tiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) kabupaten Malang, Jawa Timur dengan waktu pengambilan sampel yaitu pada tanggal 14 Mei 2018 dan pengukuran kualitas air dilakukan pada tanggal 15 Mei 2018 di Laboratorium Penguji UPT Pengembangan Budidaya Air Payau Bangil, Pasuruan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pesisir

Pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut; ke arah darat dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut; sedangkan ke arah laut dipengaruhi proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia (Salim *et al.*, 2011). Menurut UU No. 27 Tahun 2007 Pasal 1 (2), Wilayah Pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP.10/MEN/2002 tentang Pedoman Umum Perencanaan Pengelolaan Pesisir Terpadu, wilayah pesisir didefinisikan sebagai wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang saling berinteraksi, dimana ke arah laut 12 mil dari garis pantai untuk propinsi dan sepertiga dari wilayah laut itu (kewenangan propinsi) untuk kabupaten/kota dan ke arah darat batas administrasi kabupaten/kota.

Wilayah pesisir memiliki tiga karakteristik, yaitu : 1) Wilayah pertemuan berbagai aspek yang ada di darat, laut dan udara sebagai bentuk hasil keseimbangan yang dinamis; 2) Berfungsi sebagai zona penyangga (*buffer zone*) dan habitat dari berbagai jenis sumberdaya hayati; 3) Sumber zat organik yang penting dalam rantai makanan laut (Asyiwati dan Akliyah, 2014). Pesisir sebagai tempat pemijahan yang berlangsung pada ekosistem tumbuhan bakau yang berfungsi sebagai penahan abrasi pantai, sebagai tempat perkembang biakan, dan pertumbuhan biota laut (Sugandi, 2011). Ekosistem sumberdaya alam yang terdapat di wilayah pesisir yaitu estuaria, mangrove, terumbu karang, padang lamun dan pulau-pulau kecil; yang mempunyai fungsi ekologis dan ekonomis untuk keberlanjutan wilayah pesisir (Asyiwati dan Akliyah, 2014).

Pesisir dimanfaatkan untuk bermacam-macam aktivitas manusia yang mempengaruhi wilayah pesisir secara langsung dan tidak langsung, baik di lingkungan daratan maupun lingkungan perairan (Chua, 2006). 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). Menurut Ali (2015), beberapa upaya yang dapat dilakukan adalah dengan konservasi, reklamasi, dan rehabilitasi wilayah pesisir.

2.2 Fitoplankton

Plankton adalah organisme yang umumnya mikroskopis, hidup melayang di perairan dan sangat tergantung pada arus air (Aryawati dan Thoha, 2011). Plankton secara umum meliputi plankton nabati (fitoplankton) yang berperan sebagai produsen primer di perairan dan plankton hewani (zooplankton) sebagai konsumen pertama yang mengkonsumsi fitoplankton tersebut (Afiati *et al.*, 2006). Fitoplankton merupakan anggota plankton yang bersifat tumbuhan, terdapat pada massa air dengan intensitas cahaya yang dapat menembus perairan dan bertindak sebagai produsen primer di dalam perairan (Prasetyaningtyas *et al.*, 2012). Fitoplankton merupakan organisme yang melayang pada kolom air sehingga perpindahan fitoplankton tergantung kepada arus (Merina *et al.*, 2016).

Keberadaan zat hara dan fitoplankton merupakan salah satu indikator kesuburan perairan sebagai komponen utama rantai makanan bagi biota laut (Simanjuntak, 2009). Fitoplankton memiliki distribusi dan kelimpahan yang berbeda-beda di dalam perairan tergantung dari kondisi beberapa faktor oseanografi pada perairan yang meliputi kedalaman, kecerahan, kecepatan dan arah arus, suhu, salinitas, oksigen terlarut dan nutrient (Widianingsih *et al.*, 2007). Sedangkan menurut Nurfadillah *et al.* (2012), dalam perkembangan fitoplankton untuk tumbuh ada beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah kekeruhan, proses fotosintesis serta ketersediaan unsur hara yang cukup. Fitoplankton dapat berkembang baik pada suhu 20°C - 35°C, dan suhu paling baik untuk pertumbuhan plankton berkisar antara 25°C - 32°C (Hartoko, 2013). Kelimpahan fitoplankton tinggi pada lapisan permukaan dan menurun sesuai dengan semakin bertambahnya kedalaman dan semakin menurunnya daya tembus cahaya matahari (Nurfadillah *et al.*, 2012).

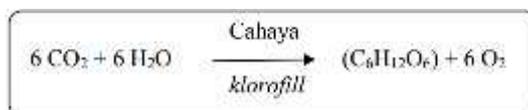
Menurut Indraswari *et al.* (2015), jenis – jenis fitoplankton berdasarkan ukurannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis Fitoplankton Berdasarkan Ukuran

No	Ukuran (μm)	Nama
1	0.2 μm – 2 μm	Picofitoplankton
2	2 μm – 20 μm	Nanofitoplankton
3	20 μm – 200 μm	Microfitoplankton
4	200 μm – 2 mm	Mesofitoplankton
5	>2 mm	Macrofitoplankton

Fitoplankton yang dapat tertangkap dengan jaring plankton tergolong fitoplankton yang berukuran besar (>20 μm) dan termasuk dalam tiga kelompok utama fitoplankton yaitu diatom, dinoflagellata dan alga biru, sedangkan yang sangat halus (nanofitoplankton) tidak dapat tertangkap dan sangat rapuh sehingga sulit untuk diawetkan (Nontji, 2005). Menurut Aryawati dan Thoha (2011), fitoplankton menjadi produsen primer di perairan karena kemampuannya

berfotosintesis. Fotosintesis adalah suatu proses yang kompleks, dimana sinar matahari diserap oleh sel-sel fitoplankton dan diubah menjadi energi biologi kemudian disimpan dalam bentuk senyawa organik (Thurman, 1994).



Gambar 1. Proses Fotosintesis (Rasyid, 2009)

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 Thoha, 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 Thoha, 2011).

2.3 Klorofil-a

Klorofil adalah pigmen berwarna hijau yang terdapat dalam kloroplas (Maulid dan Laily, 2015). Fungsi utama klorofil dalam proses fotosintesis adalah sebagai katalisator dan menyerap energi cahaya (*kinetic energy*) yang akan digunakan dalam proses tersebut (Riyono, 2007). Klorofil terdiri dari tiga jenis yaitu klorofil-a, b, dan c (Maulid dan Laily, 2015). Ketiga jenis klorofil ini sangat penting dalam proses fotosintesis tumbuhan yaitu suatu proses yang merupakan dasar dari pembentukan zat-zat organik di alam (Semedi dan Safitri, 2015).

Kandungan klorofil yang paling dominan dimiliki oleh fitoplankton adalah klorofil-a (Rasyid, 2009). Klorofil-a merupakan pigmen yang selalu ditemukan dalam fitoplankton serta semua organisme autotrof (Nufus *et al.*, 2017).

Konsentrasi klorofil-a diatas 0.2 mg/l menunjukkan kehadiran kehidupan fitoplankton yang menandakan kemampuan mempertahankan kelangsungan perkembangan perikanan komersial (Semedi dan Safitri, 2015). Klorofil-a sebagai pigmen yang terlibat langsung (pigmen aktif) dalam proses fotosintesis, jumlah klorofil-a pada setiap individu fitoplankton tergantung pada jenis fitoplankton (Nufus *et al.*, 2017). Klorofil-a dapat dijadikan sebagai salah satu indikator kesuburan perairan karena berperan sebagai faktor penentu kelimpahan fitoplankton di perairan dalam proses fotosintesis (Nuzapril *et al.*, 2017).

Konsentrasi klorofil-a pada suatu perairan sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi dan intensitas cahaya matahari (Merina *et al.*, 2016). Konsentrasi klorofil-a akan tinggi atau rendah apabila nutrisi dan intensitas matahari cukup tersedia (Effendi *et al.*, 2012). Perubahan konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh beberapa faktor pertumbuhan fitoplankton yaitu intensitas sinar matahari, konsentrasi nutrisi (nitrat dan fosfat), pengadukan air, suhu, serta kualitas air (Merina *et al.*, 2016). Masuknya padatan tersuspensi ke dalam perairan yang berasal dari kegiatan di darat maupun proses erosi tanah ke dalam perairan dapat menimbulkan kekeruhan air. Hal ini menyebabkan menurunnya laju fotosintesis klorofil-a pada fitoplankton (Nuriya *et al.*, 2010).

2.4 TSM (Total Suspended Matter)

Total Suspended Matter (TSM) merupakan material tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan *millipore* dan terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik (Effendi, 2003). Suspensi sedimen pada TSM (*Total Suspended Matter*) yaitu seluruh bahan organik, plankton, dan detritus yang mempunyai ukuran $150\ \mu\text{m}$ atau $>0,45\ \mu\text{m}$ (Taufiqurohman, 2011). Menurut Budhiman (2005), masuknya lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik

yang sebagian besar disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

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.

2.5 Parameter Pendukung Kehidupan Fitoplankton

2.5.1 Suhu

Suhu adalah suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda, yang secara alamiah sumber utama panas dalam air laut adalah matahari, selain itu suhu air laut dipengaruhi oleh musim (Hutagulung, 1988). Suhu badan air juga dipengaruhi lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air yang mempengaruhi proses fisika, kimia, dan biologi di perairan (Effendi, 2003). Sebaran suhu secara vertikal di perairan Indonesia terbagi atas tiga lapisan, yaitu lapisan hangat di bagian teratas atau lapisan epilimnion, lapisan termoklin, dan lapisan dingin di bawah lapisan termoklin yang disebut juga lapisan hipolimnion (Barata *et al.*, 2011).

Suhu sangat mempengaruhi kehidupan dan perkembangan biota laut, peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam perairan serta peningkatan konsentrasi karbon dioksida yang mempengaruhi laju pernafasan dan konsumsi oksigen terlarut (Affan, 2011). Tingginya suhu di perairan laut memudahkan terjadinya penyerapan nutrisi oleh fitoplankton (Handoko *et al.*, 2013). Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi perairan (Warman, 2015). Pengaruh kenaikan suhu secara langsung pada plankton yaitu meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan pengaruh tidak langsung adalah berkurangnya kelimpahan plankton akibat suhu semakin menurun dan kerapatan air meningkat seiring bertambahnya kedalaman (Simanjuntak, 2009)

2.5.2 Derajat Keasaman (pH)

Parameter pH merupakan satuan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan, biasanya digunakan untuk menyatakan derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan (Daulat *et al.*, 2014). Derajat keasaman (pH) suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan (Patty *et al.*, 2015). Nilai pH sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan laut sehingga tinggi rendahnya pH dapat dipengaruhi oleh banyak sedikitnya bahan organik yang dibawa melalui aliran sungai (Daulat *et al.*, 2014).

pH air laut permukaan di Indonesia umumnya bervariasi dari lokasi ke lokasi antara 6.0 – 8,5 (Odum, 1993). pH yang sangat rendah menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar dan bersifat toksik, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi plankton (Tatangindatu *et al.*, 2013). Perubahan pH dapat mempunyai akibat buruk terhadap kehidupan biota laut, baik secara langsung maupun tidak langsung (Odum, 1993).

pH di perairan laut sangat mempengaruhi kehidupan makhluk hidup, termasuk didalamnya fitoplankton (Wardoyo, 1975). Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O_2 maupun CO_2 (Rukminasari *et al.*, 2014). Nilai pH dapat menjadi lebih rendah disebabkan kandungan bahan organik yang tinggi (Simanjuntak, 2009).

2.5.3 Kecerahan

Kecerahan perairan adalah suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu (Nuriya *et al.*, 2010). Kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan suatu perairan (Maniagasi *et al.*, 2013). Kecerahan pada perairan alami sangat penting karena erat kaitannya dengan aktivitas fotosintesis (Nuriya *et al.*, 2010). Nilai kecerahan perairan dipengaruhi oleh faktor biologi yaitu kandungan mikroorganisme dan juga faktor fisik yang disebabkan oleh padatan tersuspensi yang terlarut dalam air tersebut dan kondisi cuaca, faktor lain yang juga berpengaruh seperti waktu pengukuran dan ketelitian pengukuran (Daulat *et al.*, 2014).

Kecerahan dan kekeruhan perairan juga mempengaruhi tinggi rendahnya kandungan klorofil-a, semakin cerah suatu perairan maka proses fotosintesis semakin tinggi sedangkan semakin keruh perairan maka menghambat cahaya masuk ke perairan dan fitoplankton akan ternaungi sehingga proses fotosintesis tidak optimal (Merina *et al.*, 2016). Kecerahan air yang berkurang akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air dan dapat memengaruhi kegiatan fisiologi biota air (Effendi, 2003). Berdasarkan standar baku mutu air laut untuk biota laut yaitu > 3 m (Silalahi *et al.*, 2017).

2.5.4 Nitrat

Nitrat merupakan salah satu jenis nitrogen anorganik yang utama dalam air, dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga (Tuahatu dan Tubalawony, 2009). Kadar nitrat semakin tinggi bila kedalaman bertambah, sedangkan untuk sebaran horizontal kadar nitrat semakin tinggi menuju ke arah pantai (Hutagalung dan Rozak, 1997). Konsentrasi nitrat di lapisan permukaan lebih rendah dibandingkan di lapisan dekat dasar disebabkan karena nitrat di lapisan permukaan lebih banyak dimanfaatkan atau dikonsumsi oleh fitoplankton dan konsentrasi nitrat yang sedikit lebih tinggi di dekat dasar perairan juga dipengaruhi oleh sedimen (Risamasu dan Prayitno, 2011).

Fitoplankton memanfaatkan nutrisi nitrat sebagai bahan dasar pembuatan bahan organik yang menjadi sumber makanan primer pada rantai makanan di laut dengan bantuan sinar matahari (Tungka *et al.*, 2016). Simanjuntak (2012) menyatakan bahwa kadar nitrat perairan $>0,2$ mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yang dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton dengan cepat (*blooming*). Sehingga nitrat yang dimanfaatkan oleh fitoplankton di perairan memiliki batas tertentu, konsentrasi nitrat yang melebihi batas yang dimanfaatkan dapat memicu peristiwa pengkayaan nutrisi atau yang lebih dikenal dengan eutrofikasi (Tungka *et al.*, 2016).

2.5.5 Fosfat

Fosfat merupakan salah satu bentuk fosfor di laut yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan, serta sangat mempengaruhi produktivitas perairan (Tuahatu dan Tubalawony, 2009). Fosfat berasal dari erosi tanah, buangan industri, buangan kotoran hewan serta pelapukan batuan (Rumanti *et al.*, 2014). Umumnya kadar fosfat di dasar perairan lebih tinggi dibandingkan di lapisan permukaan perairan (Patty, 2015).

Tingginya kadar fosfat di dasar perairan karena dasar perairan umumnya kaya akan zat hara, baik yang berasal dari dekomposisi sedimen maupun senyawa-senyawa organik yang berasal dari jasad flora dan fauna yang mati (Muchtar dan Simanjuntak, 2008). Rendahnya kadar fosfat di lapisan permukaan kemungkinan dapat pula disebabkan oleh aktifitas fitoplankton yang intensif (Patty, 2015). Kenaikan jumlah sel fitoplankton atau diatom diiringi dengan penurunan kadar fosfat (Effendi, 2003).

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (*remote sensing*) merupakan pengamatan suatu obyek menggunakan sebuah alat dari jarak jauh (Maspiyanti *et al.*, 2013). Menurut Curran (1985), penginderaan jauh yaitu penggunaan sensor radiasi elektromagnetik untuk merekam gambar lingkungan bumi yang dapat diinterpretasikan sehingga menghasilkan informasi yang berguna. Nurkhayati dan Manik (2016) menjelaskan bahwa sistem penginderaan jauh bekerja dengan prinsip setiap obyek memantulkan dan memancarkan gelombang elektromagnetik dimana pantulan dan pancaran gelombang elektromagnetik dari setiap benda akan ditangkap oleh sensor dan diberi nilai sesuai dengan pantulan dan pancaran benda, nilai tersebut dinyatakan dengan nilai piksel.

Penginderaan jauh memiliki keunggulan dalam hal resolusi temporal. Perbedaan waktu perekaman (resolusi temporal) citra penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau fenomena atau obyek di permukaan bumi yang mengalami perubahan dalam kurun waktu tertentu (Himayah *et al.*, 2017). Sistem penginderaan jauh terdapat 4 komponen utama yaitu: (1) sumber energi, (2) interaksi energi dengan atmosfer, (3) sensor sebagai alat mendeteksi informasi dan (4) obyek yang menjadi sasaran pengamatan (Syah, 2010). Sistem penginderaan jauh menerima radiasi pancaran dan pantulan yang datang dari

sasaran akibat radiasi yang datang padanya. Fluks radiasi yang dipantulkan atau yang dipancarkan oleh obyek umumnya berada dalam spektrum tampak (Visibel) dan inframerah (Massinai, 2005). Menurut Syah (2010), sumber utama energi dalam penginderaan jauh adalah radiasi gelombang elektromagnetik (GEM). GEM adalah suatu bentuk dari energi yang hanya dapat diamati melalui interaksinya dengan suatu obyek. Wujud dari energi ini dikenal sebagai sinar tampak, sinar X, inframerah dan gelombang mikro.

Penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk inventarisasi dan monitoring perubahan kondisi sumberdaya alam secara lebih efisien, termasuk diantaranya untuk sedimentasi (Taufiqurohman, 2011). Langkah optimalisasi pengembangan atau eksploitasi sumberdaya pesisir dan kelautan dengan dilakukannya kegiatan inventarisasi, yang berguna untuk mengetahui jenis, letak dan nilai ekonomis sumberdaya (Pigawati, 2005). Inventarisasi dilakukan dengan cara pemetaan pulau dan identifikasi sumberdaya yang ada dengan teknologi penginderaan jauh dan atau survey lapangan (Shalihati, 2014).

2.6.1 Citra Satelit Landsat-8

Landsat adalah pendeteksian dan pemantauan perubahan pada permukaan bumi dengan penggabungan secara digital dua atau lebih citra yang dikumpulkan pada daerah yang sama di permukaan bumi pada waktu yang berbeda dan menggunakan algoritma untuk mendeteksi perubahan (Sitanggang, 2010). Program landsat merupakan satelit tertua dalam program observasi bumi. Landsat dimulai tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor MSS multispectral. Setelah tahun 1982, TM (*Thematic Mapper*) ditempatkan pada sensor MSS (Suwargana, 2013). Landsat digunakan sebagai peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam,

pemetaan penggunaan lahan/penutup lahan, pengumpulan *intelligent* militer, dan mitigasi bencana (Sitanggang, 2010).

Landsat 8 adalah generasi terbaru menggantikan Landsat 7 yang memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 dimana kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10 dan 11 pada TIRS (LAPAN, 2015). Landsat 8 mengorbit bumi setiap 99 menit, serta melakukan liputan pada area yang sama setiap 16 hari kecuali untuk lintang kutub tertinggi. Landsat 8 mengorbit bumi pada ketinggian rata-rata 705 km dengan sudut inklinasi 98,2° (Sampurno dan Thoriq, 2016).

Tabel 2. Spesifikasi Citra Landsat 8 OLI

Spesifikasi	Landsat 8 OLI
Jenis Orbit	Mendekati lingkaran Sinkron matahari
Ketinggian	705 km
Sudut Kemiringan	98.2°
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu Melintasi katulistiwa (<i>Local Time on Descending Node-LTDN</i>) nominal	Jam 10:00 s/d 10:15 pagi

Sumber: Sitanggang (2010)

Tabel 3. 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)

2.6.2 Identifikasi Sebaran Klorofil-a dan TSM dalam Penginderaan Jauh

a. Identifikasi Sebaran Klorofil-a Menggunakan Algoritma

Identifikasi sebaran klorofil-a dalam penginderaan jauh menggunakan algoritma untuk menentukan nilai klorofil-a yang dilakukan dengan penginderaan jauh satelit Landsat 8 OLI. Algoritma tersebut yakni sebagai berikut :

- Algoritma Nuriya *et al.* (2010)

Algoritma yang digunakan untuk klorofil-a menggunakan algoritma Nuriya *et al.* (2010), pada penelitian ini 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:

$$\text{Chl-a} = 0,2818 \times \left(\frac{B5+B6}{B4} \right)^{3,4}$$

Keterangan:

- Chl : Konsentrasi klorofil-a (mg/m^3)
- 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.

- Algoritma Pentury (1997)

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

$$\text{Chl-a} = 0,067 \frac{R_{Hl_i}}{\lambda} + 0,126$$

Keterangan :

Chl-a : Konsentrasi klorofil-a citra satelit (mg/m^3)

hijau : Nilai reflektansi pada panjang gelombang hijau

biru : Nilai reflektansi pada panjang gelombang biru

- Algoritma Jaelani (2015)

Algoritma Chorofil-a Jaelani dapat dilihat di persamaan berikut :

$$\text{Chl-a} = -0,9889 \times (\text{Rrs}_4/\text{Rrs}_5) + 0,3619$$

b. Identifikasi Sebaran TSM Menggunakan Algoritma

Identifikasi sebaran *Total Suspended Matter* (TSM) dalam penginderaan jauh menggunakan algoritma untuk menentukan nilai TSM yang dilakukan dengan penginderaan jauh satelit Landsat 8 OLI. Algoritma tersebut yakni sebagai berikut:

- Algoritma Budhiman (2004)

$$\text{TSM (mg/l)} = 8,1429 \times \text{Exp}(23,704 \times 0,94 \times \text{Band4})$$

- Algoritma Guzman dan Santaella (2009)

$$\text{TSM (mg/l)} = 602,63 \times (0,0007e^{47,755 \times \text{Landsat BAND 4}}) + 3,1481$$

- Algoritma Laili (2015)

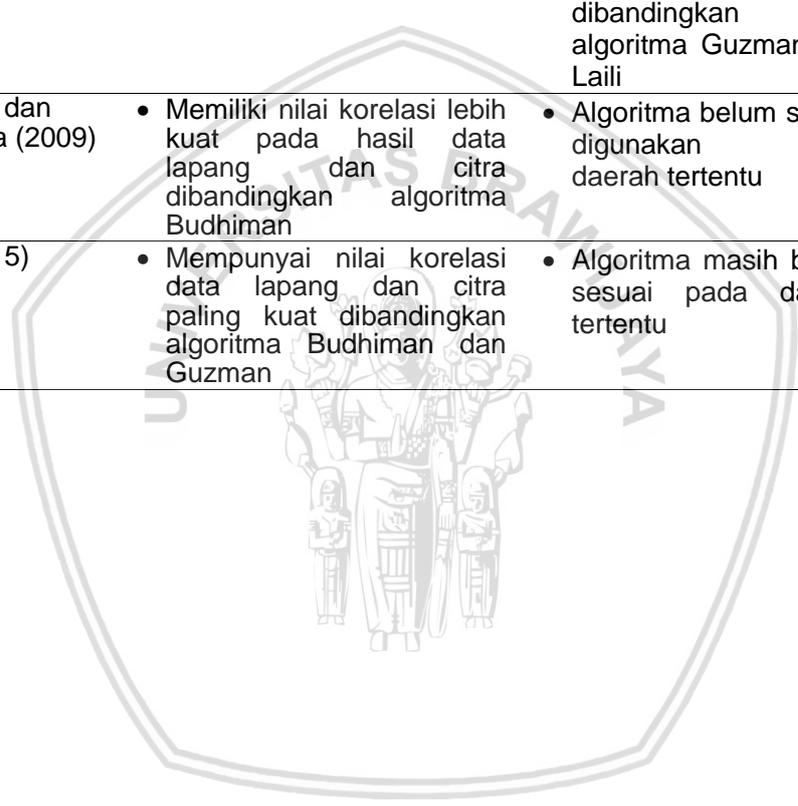
$$\text{TSM (mg/l)} = 31,42 \times ((\text{Log (RRS2)} / (\text{Log (RRS4)})) - 12,719$$

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

Tabel 4.

Tabel 4. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma

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



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi pada penelitian ini yaitu distribusi Klorofil-a dan TSM beserta kualitas air lainnya di Pesisir Kabupaten Malang Jawa Timur pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing. Sampel air diuji di laboratorium dan penentuan dari data citra Landsat / Modis serta analisis parameter kualitas air yaitu Klorofil-a , 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. Adapun alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 1 dan 2**.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa, kejadian yang terjadi saat sekarang. Penelitian deskriptif memusatkan perhatian kepada masalah-masalah aktual sebagaimana adanya pada saat penelitian berlangsung. Metode ini bertujuan untuk membuat penggambaran secara sistematis, nyata, dan akurat mengenai kejadian yang terjadi pada saat penelitian (Dharma, 2008).

3.4 Data Penelitian

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumbernya, diamati dan dicatat untuk pertama kalinya (Sugiyono, 2009). Pengumpulan data primer dalam penelitian ini meliputi pengamatan atau observasi terhadap situasi umum disekitar lokasi pengambilan sampel dan pengecekan serta pengamatan terhadap parameter pendukung yaitu klorofil-a yang diuji dengan skala laboratorium serta parameter pendukung meliputi suhu dan TSM (*Total Suspended Matter*). Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil observasi dan Survey.

1. Observasi

Observasi merupakan pengumpulan data dengan mengamati langsung di lapangan. Observasi dibagi menjadi dua yaitu: Observasi partisipatif dan Observasi non partisipatif (Arifin, 2003). Observasi dilakukan dengan melihat titik koordinat lokasi pengambilan sampel dan kondisi perairan di pesisir Kabupaten Malang Jawa Timur. Kemudian data observasi dapat didukung dengan dokumentasi yang dilakukan selama penelitian.

2. Survey

Survey didapat dari kegiatan wawancara. Wawancara merupakan proses interaksi atau komunikasi secara langsung antara pewawancara dengan responden. Data yang dikumpulkan dapat bersifat: fakta, sikap dan pendapat (Arifin, 2003). Wawancara ini dilakukan terhadap responden yang ada untuk mendapatkan data yang diperlukan atau mengumpulkan data dengan mengajukan pertanyaan langsung kepada seorang informan.

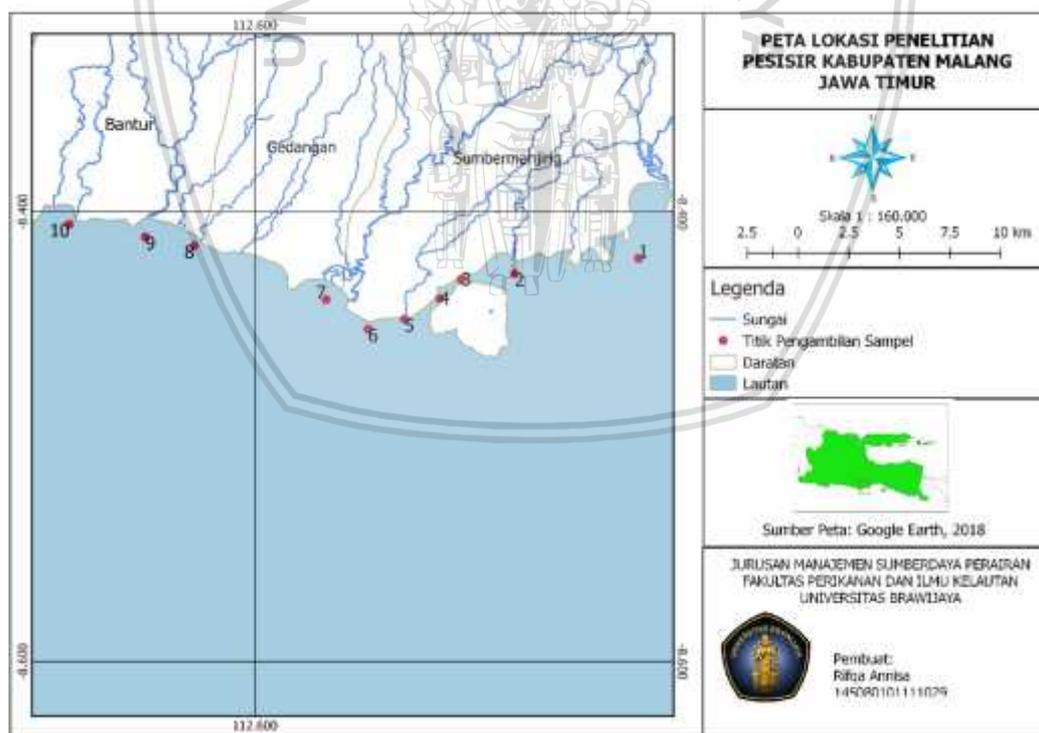
3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada (Hasan, 2002).

Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari buku literatur, jurnal dan internet serta data citra satelit Landsat 8 untuk menunjang data primer.

3.5 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel dalam penelitian ini diwakili sepuluh titik lokasi pengambilan sampel 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 *in situ* diambil berdasarkan titik yang telah ditentukan. Adapun lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**. Lokasi pengambilan sampel didasarkan oleh *landuse* pada daerah pesisir tersebut. *Landuse* pada masing-masing titik pengambilan sampel dapat dilihat pada **Tabel 5**.



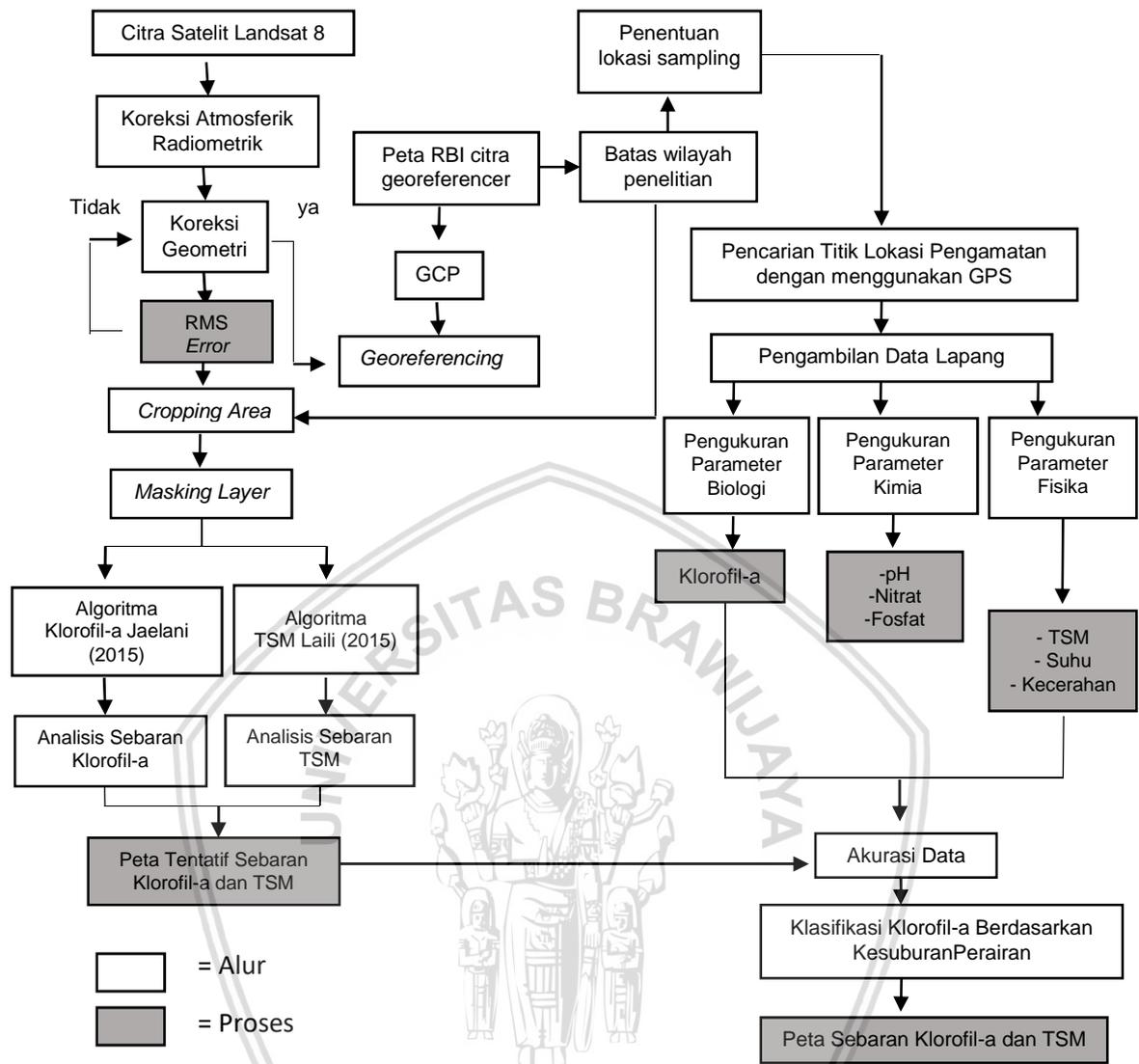
Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Tabel 5. Titik Sampling Berdasarkan Landuse

Titik Sampling	Titik Koordinat		Landuse
	Bujur Timur	Lintang Selatan	
1	112°46'11.65"	8°25'14.52"	Pantai Prabonan
2	112°42'54.12"	8°25'38.91"	Pemukiman, Masukan air sungai dan lahan pertanian
3	112°41'29.24"	8°25'48.32"	Pelabuhan dan tempat pelelangan ikan
4	112°40'54.66"	8°26'18.96"	Keramba jaring apung
5	112°39'58.59"	8°26'51.91"	Wisata dan konservasi mangrove Pantai Celungup
6	112°39'0.69"	8°27'7.87"	Pemukiman
7	112°37'53.38"	8°26'20.69"	Wisata Pantai Bajulmati dan masukan air sungai
8	112°34'23.33"	8°24'54.39"	Pemukiman dan masukan air sungai
9	112°33'5.39"	8°24'40.40"	Masukkan air sungai
10	112°31'4.01"	8°24'20.10"	Wisata Pantai Kondang Merak dan masukan air sungai

3.6 Tahap Penelitian

Penelitian ini diawali melakukan survey di lokasi penelitian yakni pesisir Kabupaten Malang, 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

3.6.1 Teknik Pengambilan Sampel

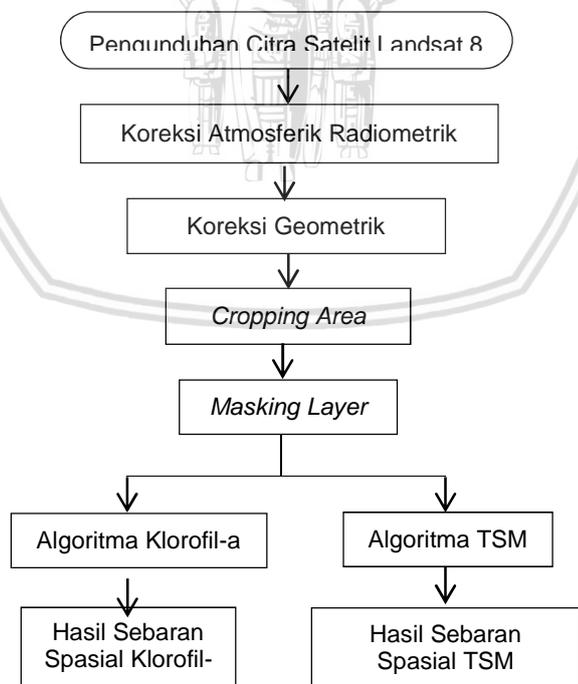
Pengambilan sampel dilaksanakan pada 14 Mei 2018. Titik pengamatan diambil sesuai koordinat yang ditentukan dengan bantuan GPS (*Global Positioning System*) dengan jumlah 10 titik pengamatan. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* Pengambilan sampel dilakukan hanya atas dasar pertimbangan peneliti saja yang menganggap unsur-unsur yang dikehendaki telah ada dalam anggota sampel yang diambil. teknik sampling yang digunakan oleh peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam mengambil sampelnya

(Nasution, 2003). Penggunaan *purposive sampling* karena titik pengambilan sampel didasarkan oleh *landuse* pada masing-masing titik sampling. Selanjutnya pada masing-masing titik sampling diambil air sampel menggunakan *water sampler* ke dalam botol PE bervolume 600 ml untuk nantinya dilakukan analisis kandungan TSM (*Total Suspended Matter*), nitrat dan fosfat di laboratorium. Pada saat pengambilan sampel dilakukan pengukuran parameter oseanografi yaitu klorofil-a, suhu, dan pH menggunakan AAQ dan kecerahan menggunakan *secchi disc*. Sedangkan data citra yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengunduh data klorofil-a dan TSM melalui citra satelit Landsat 8 OLI.

3.6.2 Teknik Pengolahan Data

1. Pengolahan Data Satelit

Tahapan awal yang dilakukan dalam pengolahan data satelit adalah pengunduhan citra satelit Landsat 8 OLI. Adapun alur pengolahan data satelit Klorofil-a dan TSM dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Alur Pengolahan Data Citra Satelit

a. Koreksi Citra Satelit

Koreksi citra satelit dalam penginderaan jauh terbagi dua, yaitu koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra sehingga cocok dengan koordinat peta dunia yang sesungguhnya, dan koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan untuk suatu tujuan, misalnya untuk identifikasi liputan lahan pertanian (Supriatna dan Sukartono, 2002). Koreksi geometrik diperlukan untuk mentransformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi, sedangkan koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama (LAPAN, 2015).

b. Cropping Layer

Pemotongan citra (*Cropping*) dilakukan untuk membatasi daerah penelitian sehingga memudahkan analisis pada computer (LAPAN, 2015). *Cropping* bertujuan untuk memudahkan dalam proses analisis dengan memfokuskan wilayah yang diteliti dengan menghilangkan beberapa area yang tidak digunakan dalam penelitian. Proses ini dilakukan dengan menggabungkan antara data raster (data citra satelit) dengan data vektor yang merupakan data administratif batas wilayah yang akan diteliti (Hanindito *et al.*, 2014). *Cropping* dapat dilakukan dengan menggunakan data vektor, koordinat geodetik, atau dengan menggunakan box (*zooming*) yang ada pada software yang digunakan (LAPAN, 2015).

c. Masking Layer

Proses *masking* bertujuan untuk membatasi area analisis citra. Pada analisis citra untuk habitat perairan laut dangkal perlu dilakukan pemisahan daratan dan perairan, agar proses analisisnya hanya dilakukan pada wilayah perairan. *Masking* dan *cropping* dapat dilakukan baik menggunakan batas

ambang nilai piksel pada objek tertentu yang akan dianalisis secara digital maupun melalui proses digitisasi (LIPI, 2014).

d. Algoritma

Perhitungan algoritma bertujuan untuk memberikan nilai pada TSM dan klorofil-a pada area perairan yang diamati sebagai penentu konsentrasi parameter perairan (Noraini *et al.*, 2016). Berdasarkan tinjauan pustaka dengan memperhatikan kelebihan masing-masing algoritma, untuk perhitungan nilai TSM pada citra satelit Landsat 8 pada penelitian ini menggunakan algoritma Laili (2015), dengan memanfaatkan nilai reflektan dari *band* merah. Algoritma yang digunakan untuk analisis klorofil-a adalah algoritma Jaelani (2015).

- Persamaan Algoritma TSM

$$\text{TSM (mg/l)} = 31,42 \times ((\text{Log (RRS2)} / (\text{Log (RRS4)}) - 12,719$$

- Persamaan Algoritma Klorofil-a

$$\text{Chl-a} = -0,9889 \times (\text{Rrs}_4/\text{Rrs}_5) + 0,3619$$

2. Pengolahan Data Lapangan

a. Klorofil-a

Pengukuran Klorofil-a dalam penelitian ini menggunakan Alat AAQ. Adapun cara penggunaan alat AAQ yakni sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat AAQ *series* 1883.
2. Merangkai sonde yang ada pada alat AAQ *series* 1883.
3. Merangkai *Smart Handy* yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
4. Menggabungkan kabel yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
5. Menggabungkan sensor pada alat AAQ *series* 1183.
6. Menekan Tombol Power, meletakkan sensor pada lokasi sampel, Start dan muncul hasil klorofil-a.
7. Menyimpan hasil yang muncul pada kolom hasil alat AAQ *series* 1183 dan mencatatnya.

b. Suhu

Pengukuran suhu dalam penelitian ini menggunakan Alat AAQ. Adapun cara penggunaan alat AAQ yakni sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat AAQ *series* 1883.
2. Merangkai sonde yang ada pada alat AAQ *series* 1883.
3. Merangkai *Smart Handy* yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
4. Menggabungkan kabel yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
5. Menggabungkan sensor pada alat AAQ *series* 1183.
6. Menekan Tombol Power, meletakkan sensor pada lokasi sampel, Start dan muncul hasil suhu.
7. Menyimpan hasil yang muncul pada kolom hasil alat AAQ *series* 1183 dan mencatatnya.

c. TSM (Total Suspended Matter)

Pengukuran TSM menurut SNI 06.6989 tahun 2004, adapun prosedur pengukuran TSM adalah sebagai berikut :

1. Mengambil air sampel.
2. Mengaduk air sampel hingga homogen.
3. Mengambil beberapa ml air sampel dengan pipet tetes.
4. Menyaring dengan menggunakan kertas saring, hingga muncul hasil saringan.
5. Memanaskan hasil saringan di oven dengan suhu 105°C dalam waktu 1 jam.

Menghitung kadar TSM dengan rumus :

$$\text{TSM (mg/l)} = \frac{(B-A) \times 1}{V_i \quad C \quad h \quad D}$$

Keterangan : - A = Berat Kertas saring Awal (mg)

- B = Berat kertas saring akhir (mg)

d. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dalam penelitian ini menggunakan Alat AAQ. Adapun cara penggunaan alat AAQ yakni sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat AAQ *series* 1883.
2. Merangkai sonde yang ada pada alat AAQ *series* 1883.
3. Merangkai *Smart Handy* yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
4. Menggabungkan kabel yang ada pada alat AAQ *series* 1183.
5. Menggabungkan sensor pada alat AAQ *series* 1183.
6. Menekan Tombol Power, meletakkan sensor pada lokasi sampel, Start dan muncul hasil pH.
7. Menyimpan hasil yang muncul pada kolom hasil alat AAQ *series* 1183 dan mencatatnya.

e. Kecerahan

Pengukuran kecerahan perairan 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.

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

Keterangan : - D1 = Kedalaman 1

- D2 = Kedalaman 2

f. Nitrat

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 NH_4OH 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.

g. Fosfat

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 SnCl_2 dan dihomogenkan.
5. Memasukkan kedalam cuvet.
6. Menghitung kadar orthofosfat menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 690 nm.

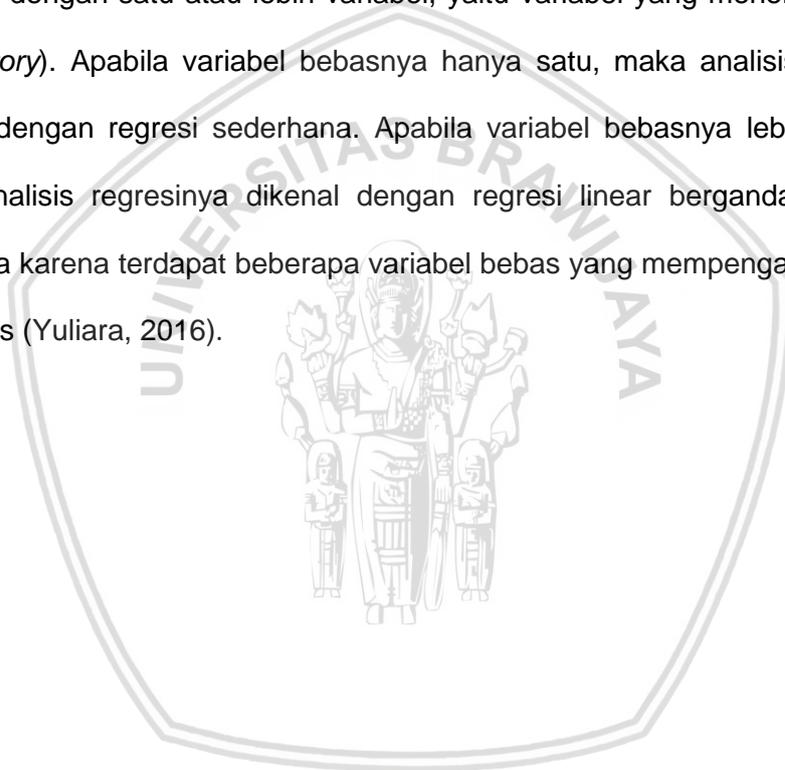
3. Uji Akurasi Analisis Data Citra Satelit dengan Pengambilan Data Lapangan

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 dan data lapangan setelah divalidasi dapat dikatakan baik jika mendapatkan nilai akurasi 50% atau lebih. 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. Analisis Hubungan Klorofil-a dan Total Suspended Matter (TSM)

Analisis hubungan klorofil-a dan TSM dalam penelitian ini menggunakan regresi linier sederhana. Analisis/uji regresi merupakan suatu kajian dari hubungan antara satu variabel, yaitu variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) dengan satu atau lebih variabel, yaitu variabel yang menerangkan (*the explanatory*). Apabila variabel bebasnya hanya satu, maka analisis regresinya disebut dengan regresi sederhana. Apabila variabel bebasnya lebih dari satu, maka analisis regresinya dikenal dengan regresi linear berganda. Dikatakan berganda karena terdapat beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas (Yuliara, 2016).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Malang merupakan kabupaten terluas kedua di Jawa Timur setelah Kabupaten Banyuwangi. Kabupaten Malang membentang pada koordinat 112°17' sampai 112°57' Bujur Timur dan 7°44' sampai 8°26' Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Malang secara keseluruhan seluas 3.534,86 km² atau sama dengan 353.486 ha. Kabupaten Malang terdiri atas 33 kecamatan, yang dibagi kembali menjadi sejumlah desa dan kelurahan. Hampir seluruh wilayah Kabupaten Malang merupakan dataran tinggi dan pegunungan, kecuali di sisi selatan, yang merupakan kawasan pesisir (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur, 2016).

Kawasan pesisir Kabupaten Malang terdiri dari enam kecamatan, yaitu: Bantur, Donomulyo, Gedangan, Tirtoyudo, Sumbermanjing, dan Ampelgading. Dalam enam kecamatan ini, diketahui terdapat 19 desa pesisir. Desa desa pesisir tersebut membentang membentuk garis pantai sepanjang 92,244 km. Adapun batas wilayah Kabupaten Malang berdasarkan letak geografisnya adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Mojokerto
- Sebelah Timur : Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Lumajang
- Sebelah Barat : Kabupaten Blitar dan Kabupaten Kediri
- Sebelah Selatan : Samudera Indonesia

Kecamatan Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing merupakan kecamatan pesisir yang ada di Kabupaten Malang. Kecamatan Bantur merupakan kecamatan yang terletak di sebelah selatan Kabupaten Malang. Luas Kecamatan Bantur adalah 158,9 km². Adapun batas wilayah Kecamatan Bantur yaitu:

- Sebelah Utara : Kecamatan Pagelaran
- Sebelah timur : Kecamatan Gedangan
- Sebelah Barat : Kecamatan Pagak
- Sebelah Selatan : Samudera Indonesia

Kecamatan Gedangan secara administratif dikelilingi oleh kecamatan lainnya yang ada di Kabupaten Malang. Luas wilayah Kecamatan Gedangan yaitu 130,55 km². Adapun batas wilayah Kecamatan Gedangan yaitu:

- Sebelah Utara : Kecamatan Pagelaran
- Sebelah Timur : Kecamatan Sumbermanjing Wetan
- Sebelah Barat : Kecamatan Bantur
- Sebelah Selatan : Samudera Hindia

Kecamatan Sumbermanjing terletak disebelah selatan wilayah Kabupaten Malang. Luas wilayah Kecamatan Sumbermanjing yaitu 239,49 km². Adapun batas wilayah Kecamatan Sumbermanjing yaitu:

- Sebelah Utara : Kecamatan Turen
- Sebelah Timur : Kecamatan Dampit
- Sebelah Barat : Kecamatan Bantur
- Sebelah Selatan : Samudera Hindia

Kawasan pesisir di Kabupaten Malang ini memiliki peruntukan yang beragam, antara lain dimanfaatkan sebagai pemukiman, industri, Tempat Pelelangan Ikan (TPI), pelabuhan, pariwisata dan sebagai kawasan konservasi. Salah satu kawasan konservasi yang dikelola oleh pemerintah adalah Cagar Alam Pulau Sempu, yang dikelola oleh Perum Perhutani. Pemanfaatan kawasan pesisir yang lain adalah sebagai pelabuhan, yaitu Pelabuhan Nusantara (PPN) Sendang Biru di Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Industri yang sangat mungkin untuk dikembangkan di wilayah pesisir adalah industri perikanan, pengolahan hasil perikanan, dan pariwisata. Pariwisata bahari juga telah

berkembang di kecamatan pesisir lainnya. Kecamatan Gedangan memiliki empat destinasi wisata bahari, sedangkan Kecamatan Bantur menjadikan Kondang Merak dan Bale Kambang sebagai destinasi wisatanya.

4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan disepuluh titik pengambilan sampel. Adapun peta pengambilan sampel dapat dilihat pada

Gambar 5.



Gambar 5. Peta Titik Pengambilan Sampel

Tabel 6. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampling	Titik Koordinat	
	Bujur Timur	Lintang Selatan
1	112°46'11.65"	8°25'14.52"
2	112°42'54.12"	8°25'38.91"
3	112°41'29.24"	8°25'48.32"
4	112°40'54.66"	8°26'18.96"
5	112°39'58.59"	8°26'51.91"
6	112°39'0.69"	8°27'7.87"
7	112°37'53.38"	8°26'20.69"
8	112°34'23.33"	8°24'54.39"
9	112°33'5.39"	8°24'40.40"
10	112°31'4.01"	8°24'20.10"

Titik sampling 1 terletak di sebelah timur Pantai Prabonan dan Sebelah Utara Pantai Tambakasri, Kecamatan Sumbermanjing. Pantai Prabonan merupakan pantai yang dikelilingi tebing-tebing terjal, sedangkan Pantai Tambakasri dekat dengan pemukiman warga sekitar lokasi. Titik sampling 2 terletak disebelah barat Pantai Sendiki yang dekat dengan aliran sungai. Selain itu pada lokasi pengambilan sampel ini terdapat pemukiman dan lahan pertanian warga sekitar yang dilewati oleh aliran sungai yang bermuara ke perairan pantai. Titik sampling 3 terletak di Pantai Sendang Biru, Kecamatan Sumbermanjing. Pada lokasi pengambilan sampel ini terdapat kapal-kapal nelayan maupun kapal pariwisata yang bersandar disekitar Pantai Sendang Biru. Di bibir pantai Pantai Sendang biru juga terdapat Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Pada titik sampling 4, terdapat Keramba Jaring Apung (KJA) milik warga sekitar. KJA tersebut merupakan sebagai usah untuk meningkatkan perekonomian warga sekitar. Titik sampling 5 merupakan lokasi ekowisata. Selain itu juga dimanfaatkan sebagai konservasi mangrove yang dikelola oleh warga sekitar dan diawasi oleh Dinas Perikanan dan Kelautan sebagai upaya pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Titik sampling 6 terletak disebelah barat Pantai Bangsong Kecamatan Sumbermanjing. Lokasi ini terdapat cukup banyak pemukiman warga. Titik sampling 7 terletak di daerah lokasi wisata Pantai Bajulmati, Kecamatan Gedangan. Lokasi ini berdekatan dengan aliran sungai yang bermuara ke laut lepas. Titik sampling 8 terletak di Pantai Nganteb Kecamatan Bantur. Lokasi ini terdapat pemukiman warga dan aliran sungai. Pemukiman warga pada daerah ini terletak disekitar bibir pantai dan juga banyak terdapat di pinggiran sungai. Titik sampling 9 dan 10 yang terletak di Pantai Pesanggrahan dan Pantai Kondang Merak ini terdapat aliran sungai yang masuk kedalam perairan laut. Selain itu Pantai Kondang Merak ini juga merupakan lokasi wisata air.

4.3 Hasil Pengukuran Klorofil-a *in situ* dan Klorofil-a Citra

Konsentrasi klorofil-a berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing, didapatkan nilai data klorofil-a *in situ* dan data klorofil-a citra disetiap titik sampel pengamatan tersaji pada **Tabel 7**.

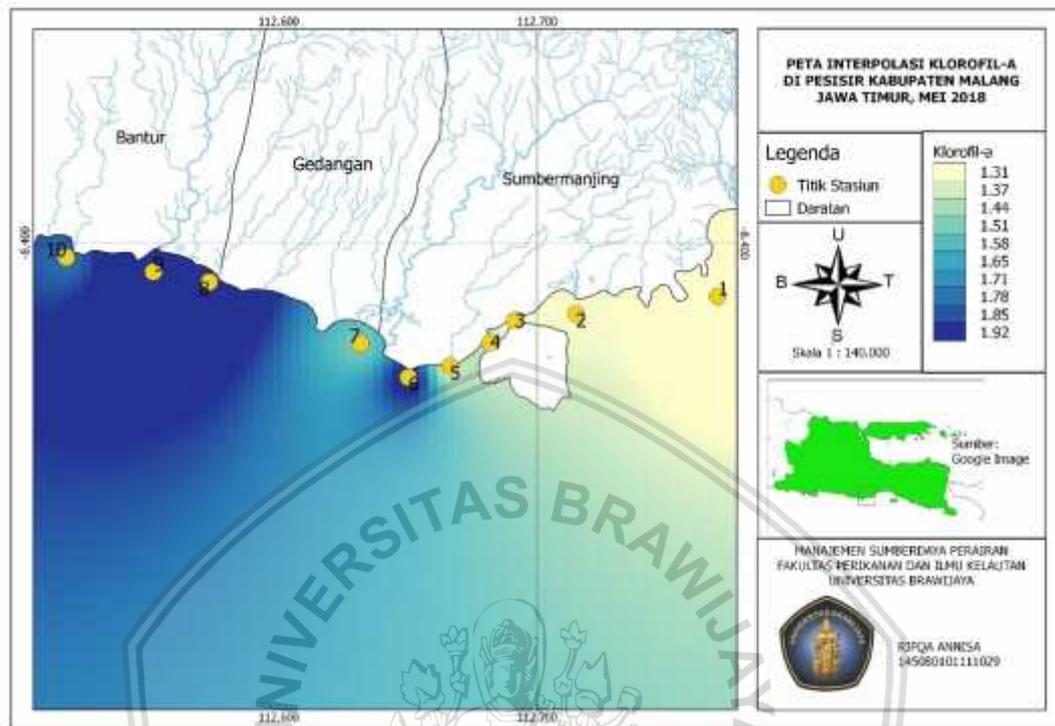
Tabel 7. Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data In Situ Dan Data Citra Satelit

Titik Sampling	Bujur Timur	Lintang Selatan	Klorofil-a <i>In Situ</i> (mg/m ³)	Klorofil-a Citra (mg/m ³)	Kedalaman (cm)
1	112°46'11.65"	8°25'14.52"	0,98	1,13	1-100
2	112°42'54.12"	8°25'38.91"	1,32	1,16	1-100
3	112°41'29.24"	8°25'48.32"	1,21	0,86	1-100
4	112°40'54.66"	8°26'18.96"	1,41	0,94	1-100
5	112°39'58.59"	8°26'51.91"	1,37	1,15	1-100
6	112°39'0.69"	8°27'70.87"	2,03	1,2	1-100
7	112°37'53.38"	8°26'20.69"	1,52	1,26	1-100
8	112°34'23.33"	8°24'54.39"	2,16	1,27	1-100
9	112°33'5.39"	8°24'40.40"	2,48	1,34	1-100
10	112°31'4.01"	8°24'20.10"	1,79	1,28	1-100

4.3.1 Hasil Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data In situ

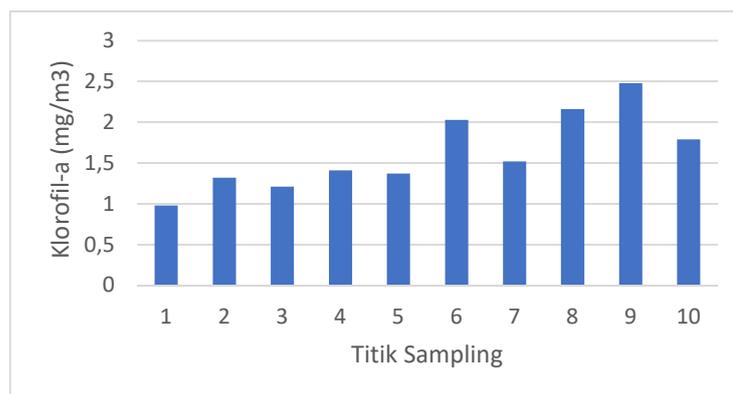
Berdasarkan **Tabel 7**. Didapatkan nilai klorofil-a berkisar antar 0,98 mg/m³ – 2,48 mg/m³, dengan rata-rata 1,62 mg/m³. Nilai klorofil-a tertinggi terdapat pada titik sampling 9 dan terendah pada titik sampling 1. Lokasi pengambilan sampling pada titik tertinggi yaitu pada titik 9 yang berada dekat dengan masuk air sungai. Sedangkan titik sampling 1 berada di area Pantai Prabonan, dimana pantai ini tidak memiliki banyak aktivitas manusia maupun masuk air sungai sehingga suplai nutrisi yang terdapat pada perairan ini sedikit. Sedangkan pada titik 1 tidak banyak aktivitas pada lokasi tersebut. Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan pantai sebagai akibat tingginya nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai

(Zulhaniarta *et al.*, 2015). Adapun sebaran konsentrasi klorofil-a berdasarkan data *in situ* dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Peta Interpolasi Klorofil-a Berdasarkan Data *In Situ*

Hasil analisis dengan interpolasi hasil *in situ* didapatkan nilai klorofil-a pada pesisir Kabupaten Malang di tiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing yakni seperti pada **Gambar 6**. Tingkat konsentrasi klorofil-a dari yang terendah diwakili dengan warna putih dan konsentrasi tertinggi diwakili dengan warna biru tua. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi dekat dengan masuknya air sungai dan wilayah pesisir dengan aktivitas manusia yang tinggi seperti wilayah pemukiman dan wisata, sedangkan konsentrasi klorofil-a menurun pada wilayah dengan aktivitas yang pasif disekitar lokasi pengamatan. Adapun grafik konsentrasi klorofil-a berdasarkan data *in situ* pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data *In Situ*

Berdasarkan grafik pada **Gambar 7**, nilai pengukuran klorofil-a pada saat pengambilan sampel memiliki nilai yang hampir merata diseluruh titik pengamatan. Namun cenderung mengalami peningkatan nilai klorofil-a pada daerah pengambilan sampel di dekat muara sungai dan di daerah yang memiliki pengaruh langsung terhadap aktivitas manusia baik langsung maupun tidak langsung. Menurut Zulhaniarta *et al.* (2015), perairan yang kurang subur dengan rerata konsentrasi <1 mg/m³, perairan yang bagus dengan rerata konsentrasi klorofil-a 1 – 15 mg/m³, sedang dengan kisaran konsentrasi 15 – 30 mg/m³ dan termasuk dalam kategori *eutrofikasi* atau tercemar dengan kisaran konsentrasi >30 mg/m³. Berdasarkan kriteria tersebut, konsentrasi klorofil-a di Kabupaten Malang, ditiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing dapat dikatakan baik.

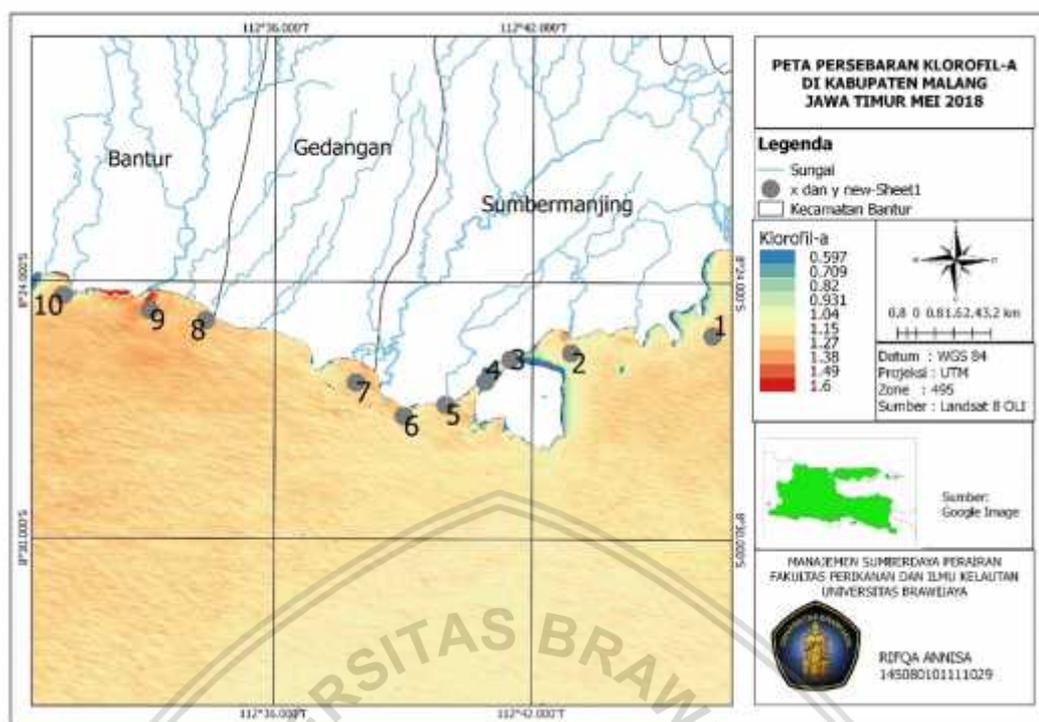
Tinggi dan rendahnya klorofil-a disebabkan oleh pengaruh masukan nutrien N dan P di perairan (Putra *et al.*, 2014). Masukan nutrien dari daratan baik secara langsung maupun tidak langsung memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap kehidupan biota perairan terutama klorofil-a pada fitoplankton sebagai indikator tingkat kesuburan perairan (Putra *et al.*, 2012). Akan tetapi peningkatan nutrien yang terus menerus dalam jangka waktu yang lama akan mengakibatkan eutrofikasi dan memperburuk kualitas perairan (Marlian *et al.*, 2015). Tingginya kandungan klorofil-a fitoplankton di suatu perairan tidak selalu menggambarkan

kondisi yang baik bagi perairan. Pengaruh kelimpahan kandungan nutrisi yang tidak terkendali di perairan muara dan laut akan dapat mengganggu ekosistem yang ada di perairan tersebut (Rahmawati *et al.*, 2014).

4.3.2 Hasil Analisis Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

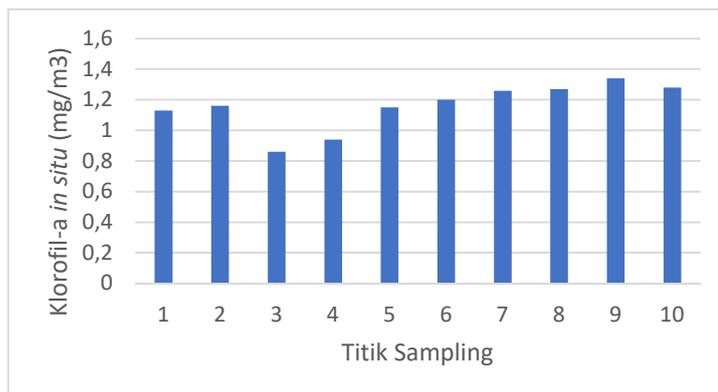
Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan algoritma Jaelani (2015) didapatkan nilai klorofil-a pada perairan pesisir Kabupaten Malang di tiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing seperti pada **Gambar 8**. Penginderaan klorofil-a didasarkan pada kenyataan bahwa semua fitoplankton mengandung klorofil, pigmen berwarna hijau yang ada pada setiap tumbuhan. Klorofil-a cenderung menyerap warna biru dan merah, dan memantulkan warna hijau. Spektrum cahaya yang dipantulkan oleh klorofil-a ini dapat diindera oleh sensor satelit (Taufik dan Wiliyanto, 2016).

Hasil analisis nilai klorofil-a pada perairan Kabupaten Malang Selatan di tiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing didapatkan hasil seperti **Gambar 8**. Tingkat konsentrasi klorofil-a dari yang terendah diwakili oleh daerah dengan warna biru dengan kisaran $0,597 \text{ mg/m}^3$ sampai dengan konsentrasi tertinggi yang diwakili dengan warna merah dengan kisaran $1,6 \text{ mg/m}^3$. Berdasarkan hasil analisis klorofil-a di perairan pesisir Kabupaten Malang menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi berada di daerah dekat aliran sungai namun cenderung merata ke arah lepas pantai.



Gambar 8. Peta Sebaran Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Klorofil-a tertinggi terdapat pada titik sampel 9 yaitu $1,34 \text{ mg/m}^3$ dan nilai klorofil-a terendah berada pada titik sampel 3 yaitu $0,86 \text{ mg/m}^3$. Konsentrasi klorofil-a tertinggi berdasarkan data citra berada pada titik sampel 9 yang merupakan perairan yang dekat dengan masuknya air sungai. Sedangkan titik sampel terendah berada pada titik sampel 3 yang merupakan lokasi pesisir yang dekat dengan pelabuhan dan Tempat Pelelangan Ikan. Masuknya nutrisi dari berbagai aktivitas masyarakat disekitar perairan secara tidak langsung akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a. Secara umum konsentrasi klorofil-a dan nutrisi semakin banyak ditemukan di daerah yang dekat dengan daratan yang memberi banyak masuknya nutrisi (Zulhaniarta *et al.*, 2015). Perubahan konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh beberapa faktor pertumbuhan fitoplankton yaitu intensitas sinar matahari, konsentrasi nutrisi (nitrat dan fosfat), pengadukan air, suhu, serta kualitas air (Merina *et al.*, 2016). Adapun grafik Konsentrasi klorofil-a berdasarkan data *in situ* dapat dilihat pada **Gambar 9**.



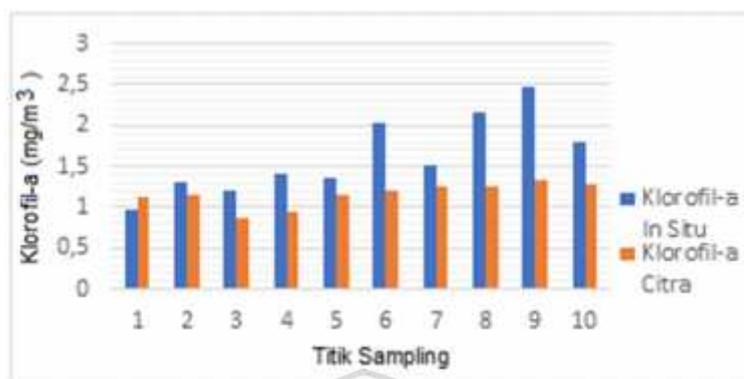
Gambar 9. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Konsentrasi klorofil-a memiliki perbedaan disetiap titiknya karena adanya perbedaan pemanfaatan maupun aktivitas manusia. Perbedaan hasil yang ditemukan dikarenakan perbedaan kondisi lingkungan. Selain itu distribusi klorofil-a fitoplankton dari waktu ke waktu sangat ditentukan oleh kondisi lingkungannya (Baktiar *et al.*, 2016). 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*).

4.3.3 Uji Akurasi Klorofil-a dengan Klorofil-a Data Citra Satelit

Berdasarkan data *in situ* klorofil-a, diperoleh nilai tertinggi 2,48 mg/m³, nilai terendah 0,98 mg/m³, rata-rata sebesar 1,63 mg/m³, SE = 0.15, SD = 0.47, dan Range = 1.5. Berdasarkan data citra, konsentrasi klorofil-a diperoleh nilai tertinggi sebesar 1,34 mg/m³, nilai terendah 0,86 mg/m³, rata-rata sebesar 1,16 mg/m³, SE = 0,048, SD = 0,15, dan Range = 0,48. Hasil akurasi menggunakan *Microsoft Excel* diketahui klorofil-a memiliki tingkat akurasi yaitu 69%. Hasil akurasi tersebut didapatkan dari pembagian nilai standar deviasi dibagi dengan

rata-rata keseluruhan data. Adapun hasil pengukuran klorofil-a berdasarkan data *in situ* dan data citra dapat dilihat pada **Gambar 10**.



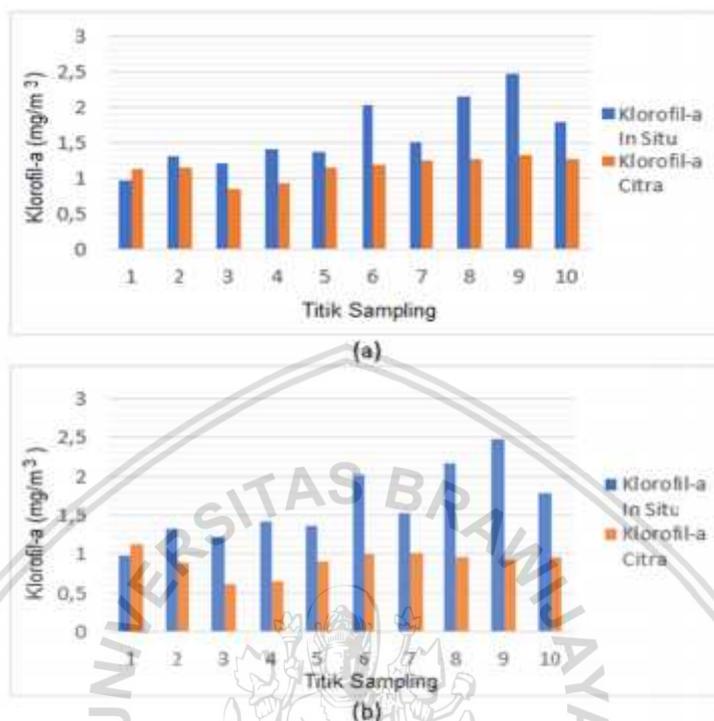
Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Klorofil-a Data *In Situ* dan Data Citra

Pengambilan data *in situ* memiliki perbedaan waktu yaitu selama 7 hari dari perekaman data citra yaitu pengukuran data *in situ* pada tanggal 14 Mei 2018 dan perekaman data citra pada tanggal 7 Mei 2018, menyebabkan adanya perbedaan hasil konsentrasi klorofil-a. Algoritma yang didapatkan dari regresi linear dapat memberikan nilai akurasi yang sangat baik jika waktu pengambilan data *in situ* sama dengan waktu perekaman data citra satelit (Taufiqurrohman, 2011).

4.3.4 Perbandingan Hasil Akurasi Klorofil-a Berdasarkan Waktu Pengamatan

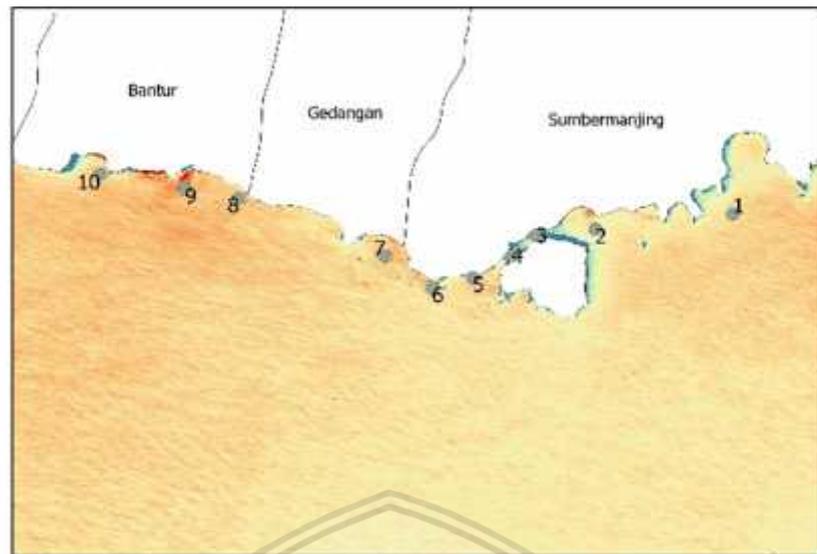
Perbandingan hasil akurasi pada penelitian ini bertujuan untuk melihat nilai akurasi yang diperoleh berdasarkan lamanya perbedaan waktu dalam pengamatan data *in situ* dan data citra. Perbandingan waktu yang diamati pada penelitian ini menggunakan perekaman data citra pada tanggal 7 Mei 2018 dan 10 Juli 2018. Hasil analisis klorofil-a data *in situ* dan data citra pada tanggal 7 Mei 2018 dan data citra pada tanggal 10 Juli 2018 memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Nilai klorofil-a data citra pada tanggal 7 Mei 2018 berkisar antara 0,86 – 1,34 mg/m³. Sedangkan nilai klorofil-a data citra pada tanggal 10 Juli 2018

berkisar antara 0,62 – 1.13 mg/m³. Adapun perbedaan grafik nilai klorofil-a pada tanggal 7 Mei 2018 dan 10 Juli 2018 dapat dilihat pada **Gambar 11**.

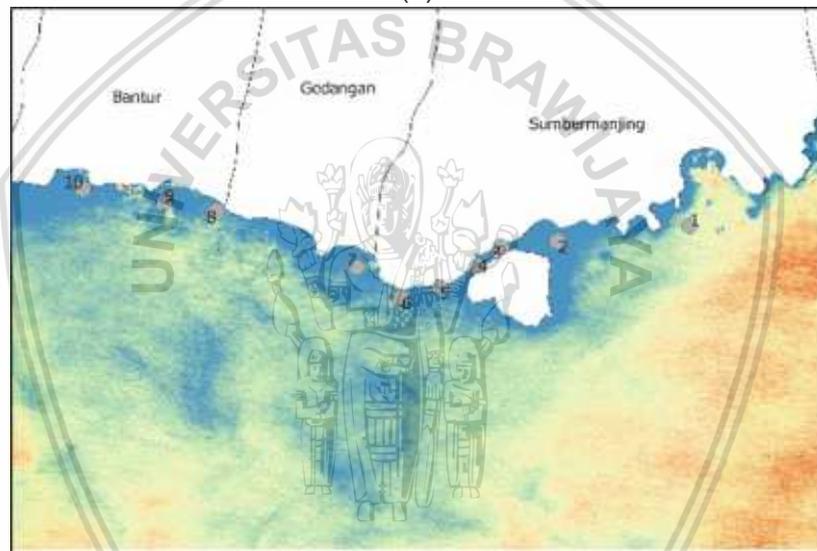


Gambar 11. (a) Grafik Klorofil-a 7 Mei 2018, (b) Grafik Klorofil-a 10 Juli 2018

Hasil akurasi klorofil-a berdasarkan data *in situ* dan data citra pada tanggal 7 Mei 2018 didapatkan hasil yaitu 69,17%. Sedangkan hasil akurasi klorofil-a pada tanggal 10 Juli 2018 didapatkan hasil 55,38%. Akurasi nilai klorofil-a pada tanggal 10 Juli 2018 didapatkan hasil yang lebih rendah dari pada akurasi nilai klorofil-a pada tanggal 7 Mei 2018. Hasil tersebut membuktikan bahwa perbedaan waktu dalam pengukuran data *in situ* dan data citra mempengaruhi nilai akurasi yang diperoleh. Selain itu pada grafik terlihat adanya perbedaan nilai antara data klorofil-a *in situ* dan data citra pada masing-masing titik sampel, terdapat beberapa titik dengan garis saling mendekati dan sebagian lagi menghasilkan hasil yang cukup berbeda jauh. Perbedaan nilai ini dapat disebabkan oleh waktu pengamatan yang berbeda, selain itu sifat klorofil-a yang mudah berubah dapat mempengaruhi perbedaan nilai tersebut.



(a)



(b)

Gambar 12. (a) Peta Sebaran Klorofil-a 7 Mei 2018, (b) Peta Sebaran Klorofil-a 10 Juli 2018

Berdasarkan **Gambar 12**, dapat dilihat bahwa persebaran konsentrasi klorofil-a pada tanggal 7 Mei 2018 merata dibandingkan persebaran konsentrasi klorofil-a pada tanggal 10 Juli 2018. Nilai konsentrasi klorofil-a terendah ke nilai konsentrasi tertinggi diwakili oleh warna biru hingga merah. Perbedaan persebaran klorofil-a ini dapat dipengaruhi dengan adanya perbedaan musim, dimana pada bulan Mei merupakan musim peralihan dari musim penghujan kemusim kemarau, sedangkan pada bulan Juli merupakan musim kemarau.

Adanya perbedaan musim ini menyebabkan nilai *input*-tan maupun volume air sungai yang masuk ke perairan laut juga berbeda.

Pengujian data citra memiliki perbedaan musim, dimana pada bulan Mei merupakan musim peralihan dari musim penghujan kemusim kemarau, sedangkan bulan Juli merupakan musim kemarau. Kondisi atmosfer pada bulan dengan musim yang sama yaitu musim kemarau diasumsikan tidak memiliki perbedaan yang berbeda jauh (Murti dan Wicaksono, 2014). Walaupun adanya perbedaan musim pada bulan pengamatan data citra, dengan kondisi cuaca yang baik perekaman data oleh citra satelit dapat meminimalisir perbedaan hasil nilai yang disebabkan gangguan cuaca seperti adanya awan tipis yang merupakan kelemahan dari teknologi penginderaan jauh.

4.4 Hasil Pengukuran TSM Data In situ dan TSM Data Citra

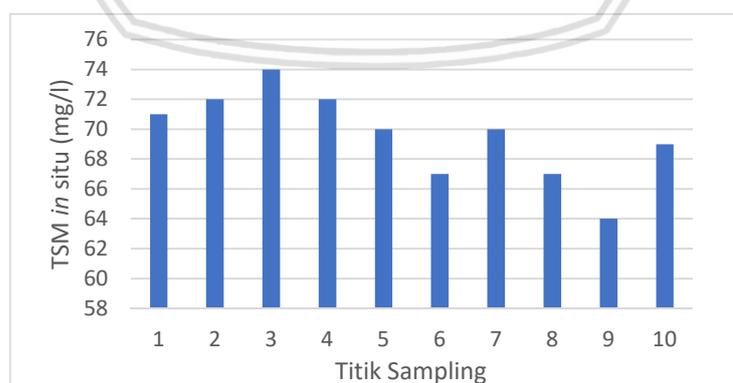
Konsentrasi *Total Suspended Matter* (TSM) berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing, Jawa Timur, didapatkan nilai TSM data *in situ* dan data citra disetiap titik sampel dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Konsentrasi TSM berdasarkan Data In Situ dan Data Citra

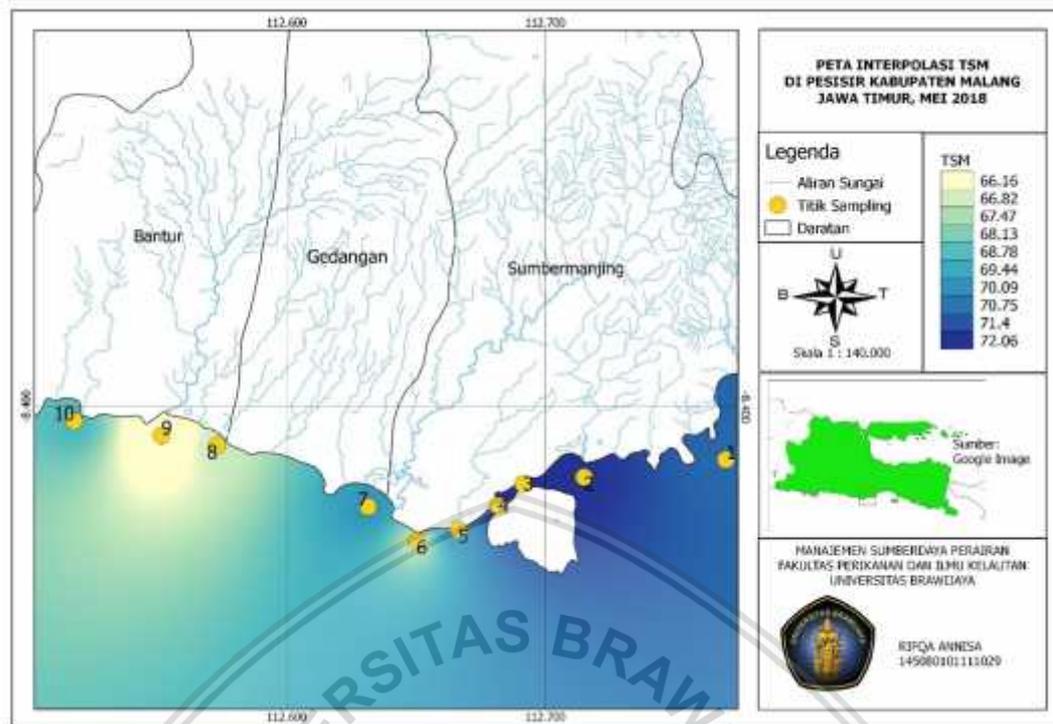
Titik Sampling	Bujur Timur	Lintang Selatan	TSM <i>In Situ</i> (mg/l)	TSM Citra (mg/l)	Kedalaman (cm)
1	112°46'11.65"	8°25'14.52"	71	72,88	1-100
2	112°42'54.12"	8°25'38.91"	72	71,8	1-100
3	112°41'29.24"	8°25'48.32"	74	75,65	1-100
4	112°40'54.66"	8°26'18.96"	72	74,92	1-100
5	112°39'58.59"	8°26'51.91"	70	72,19	1-100
6	112°39'0.69"	8°27'7.87"	67	74,81	1-100
7	112°37'53.38"	8°26'20.69"	70	77,46	1-100
8	112°34'23.33"	8°24'54.39"	67	78,03	1-100
9	112°33'5.39"	8°24'40.40"	64	77,58	1-100
10	112°31'4.01"	8°24'20.10"	69	80,26	1-100

4.4.1 Hasil Analisis Total Suspended Matter (TSM) Berdasarkan Data In situ

Berdasarkan **Tabel 8** didapatkan nilai *Total Suspended Matter* (TSM) data *in situ* berkisar antara 64 mg/l – 74 mg/l dengan rata-rata 69,6 mg/l. Nilai TSM tertinggi terdapat pada titik sampel 3 dan nilai terendah pada titik sampel 9. Konsentrasi TSM tertinggi pada titik sampel 3 merupakan area yang dekat dengan Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Selain itu terdapat pelabuhan kapal-kapal nelayan maupun kapal wisata disekitar bibir pantai. Sedangkan titik sampel terendah pada titik 9 merupakan lokasi yang dekat dengan masuknya air sungai. Tingginya nilai TSM pada titik 3 akibat tingginya aktivitas manusia, khususnya di lokasi Tempat Pelelangan Ikan, dimana pedagang membuang limbahnya langsung ke perairan. Sedimen tersuspensi (*Total Suspended Matter*) dapat mengakibatkan perairan menjadi keruh sehingga masuknya sinar matahari ke dalam perairan menjadi terhambat (Putra *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil analisis dengan interpolasi hasil *in situ* didapatkan nilai TSM pada perairan pesisir Kabupaten Malang di tiga kecamatan yaitu Bantur, Gedangan dan Sumbermanjing yaitu pada **Gambar 13**. Tingkat konsentrasi TSM dari yang terendah diwakili oleh daerah dengan warna putih sampai dengan konsentrasi tertinggi yang diwakili dengan warna biru.



Gambar 13. Grafik Konsentrasi TSM *In Situ*



Gambar 14. Peta Interpolasi TSM *In Situ*

Hasil analisis konsentrasi TSM data *in situ* tertinggi berada pada perairan yang dekat dengan aliran muara sungai, Karamba Jaring Apung, pelabuhan dan Tempat pelelangan ikan. Konsentrasi TSM menurun pada daerah pantai yang dekat dengan pemukiman dan daerah wisata. Sedimentasi di suatu lingkungan terjadi karena adanya suplai muatan sedimen yang tinggi di sekitar perairan. Suplai muatan sedimen tersebut berasal dari daratan yang terbawa ke perairan laut melalui aliran sungai. Adapun grafik konsentrasi TSM berdasarkan data *in situ* dapat dilihat pada **Gambar 14**.

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2004), standar baku mutu untuk biota laut, ambang batas untuk padatan tersuspensi adalah pada kisaran 20 – 80 mg/l. Berdasarkan konsentrasi TSM data *in situ*, TSM pada Pesisir Kabupaten Malang ditiga Kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing didapatkan nilai TSM yang masih dalam ambang batas baku mutu, namun nilai TSM yang didapat cenderung tinggi. Nilai TSM pada beberapa

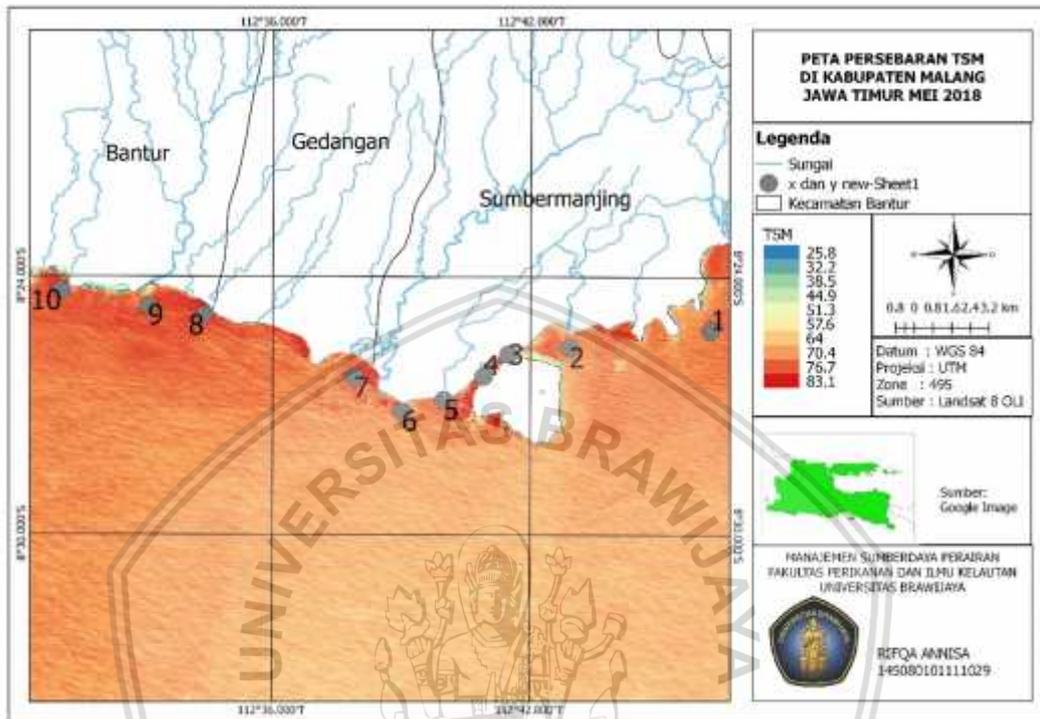
titik yang cenderung tinggi disebabkan banyaknya aktivitas disekitar wilayah pesisir, seperti pelabuhan, Tempat Pelelangan Ikan (TPI), dan Keramba Jaring Apung (KJA). Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dan mendapat tambahan dari kegiatan manusia dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Sulma *et al.*, 2008).

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). Padatan tersuspensi 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 padatan tersuspensi (TSM) berkorelasi positif 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).

4.4.2 Hasil Analisis Total Suspended Matter (TSM) Berdasarkan Data Citra

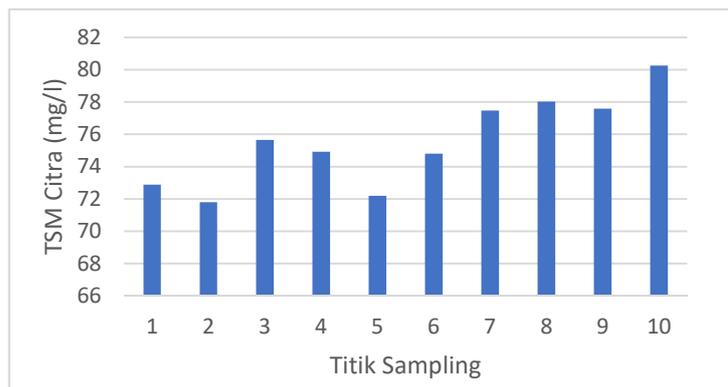
Berdasarkan **Tabel 8** nilai TSM data citra tertinggi terdapat pada titik 10 yaitu 80,26 mg/l dan nilai TSM terendah yaitu pada titik 2 dengan nilai 71,8 mg/l. Konsentrasi TSM tertinggi pada titik sampel 10 merupakan area wisata Pantai Kondang Merak. Selain itu pada titik sampel ini juga terdapat masuknya air sungai ke perairan laut. Sedangkan titik sampel terendah yaitu titik sampel 2 merupakan area masuknya air sungai, selain itu juga terdapat pemukiman dan lahan pertanian di daratan pesisirnya. Tingginya nilai TSM di perairan menunjukkan adanya pencemaran yang masuk ke dalam perairan yang menyebabkan penetrasi cahaya terhambat masuk ke dalam air sehingga proses fotosintesis dari biota air terganggu (Akhyar, 2006). Adanya proses pengadukan dasar perairan akibat pasang surut juga memberikan pengaruh yang signifikan

terhadap tingginya kekeruhan perairan (Suniada *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan algoritma Laili (2015) didapatkan nilai TSM data citra seperti pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Peta Sebaran TSM Berdasarkan Data Citra

Hasil analisis didapatkan nilai TSM pada pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur ditiga Kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing yaitu seperti pada **Gambar 15**. Tingkat konsentrasi TSM terendah diwakili dengan warna biru dengan kisaran nilai 25,8 mg/l sampai dengan konsentrasi tertinggi dengan kisaran nilai yaitu 83,1 mg/l. Hasil analisis pada konsentrasi TSM tinggi di daerah perairan dekat daratan dan menurun ke arah lepas pantai. Namun secara keseluruhan konsentrasi TSM berdasarkan data citra ini cenderung tinggi. Adapun grafik konsentrasi TSM berdasarkan data citra dapat dilihat pada **Gambar 16**.



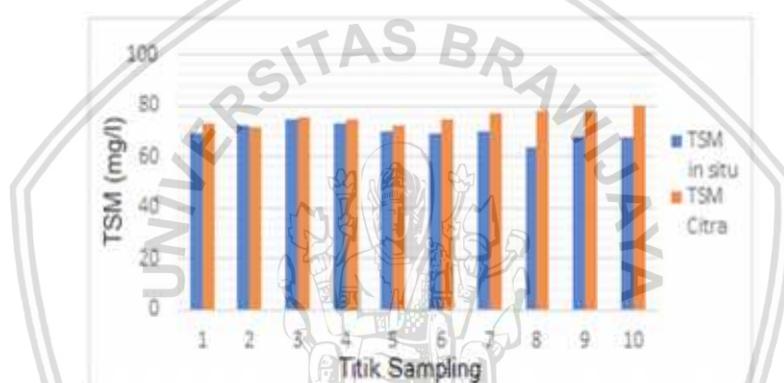
Gambar 16. Grafik Konsentrasi TSM Berdasarkan Data Citra

Konsentrasi TSM berdasarkan data citra memiliki perbedaan dengan nilai konsentrasi TSM data *in situ*. Selain itu citra satelit memiliki kelemahan dalam menangkap gelombang elektromagnetik, sehingga perbedaan hasil pengukuran data citra dan data *in situ* hampir selalu ditemukan. 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).

Kelemahan citra optis menyebabkan peneliti tidak mendapatkan informasi luasan parameter yang akurat dan riil sebenarnya dari citra satelit karena banyaknya luasan area yang dilakukan *cropping* awan serta bayangannya. Hal ini akan mempengaruhi tingkat keakurasian data (Utami *et al.*, 2016). Validasi pada data *in situ* dibutuhkan untuk mengetahui kondisi secara riil di lapang sebagai pembanding dari data citra. 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.

4.4.3 Uji Akurasi TSM Data In situ dengan TSM Data Citra Satelit

Berdasarkan data *in situ* TSM, diperoleh nilai tertinggi 74 mg/l, nilai terendah 64 mg/l, rata-rata sebesar 69,6 mg/l, SE = 0,93, SD = 2,95, dan Range = 10. Berdasarkan data citra, konsentrasi TSM diperoleh nilai tertinggi sebesar 80,26 mg/l, nilai terendah 71,8 mg/l, rata-rata sebesar 75,558 mg/l, SE = 0,88, SD = 2,78, dan Range = 8,46. Hasil akurasi menggunakan *Microsoft Excel* diketahui TSM memiliki tingkat akurasi yaitu 80%. Adapun hasil pengukuran TSM berdasarkan data *in situ* dan data citra dapat dilihat pada **Gambar 17**.

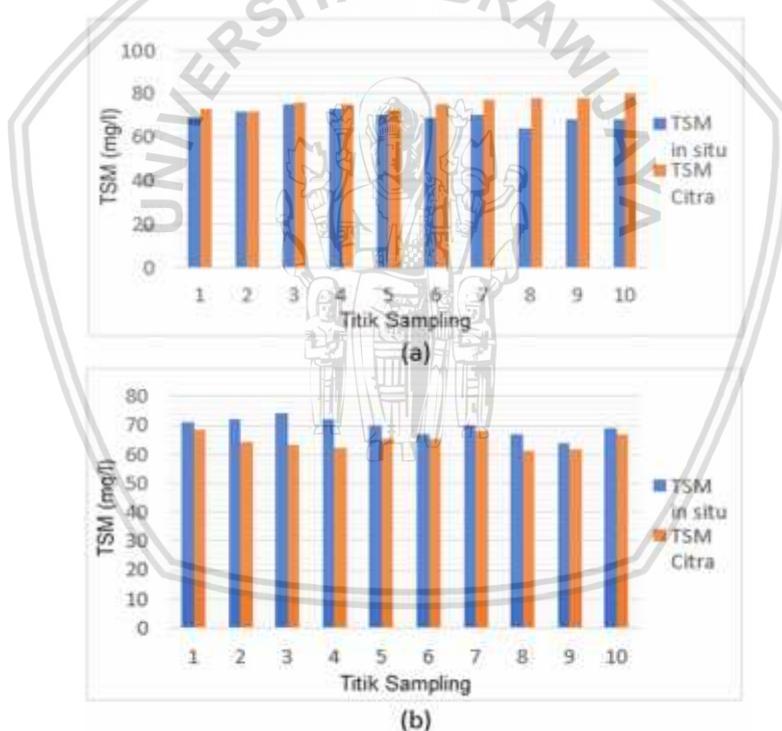


Gambar 17. Grafik Perbandingan Nilai TSM Data *In Situ* dan Data Citra

Perbedaan yang terlihat pada grafik nilai antara TSM *in situ* dan TSM citra dapat terjadi akibat kondisi perairan maupun cuaca dilapang yang mempengaruhi hasil yang diperoleh. Selain itu waktu pengukuran data *in situ* dan perekaman data citra yang berbeda menyebabkan adanya perbedaan yang signifikan diantara data *in situ* dan data citra. Keakurasian data citra akan menurun apabila citra satelit mengalami gangguan atmosfer, awan maupun tutupan kabut tipis (*haze*) yang akan mempengaruhi nilai spektral pada citra satelit (Utami *et al.*, 2016).

4.4.4 Perbandingan Hasil Akurasi TSM Berdasarkan Waktu Pengamatan

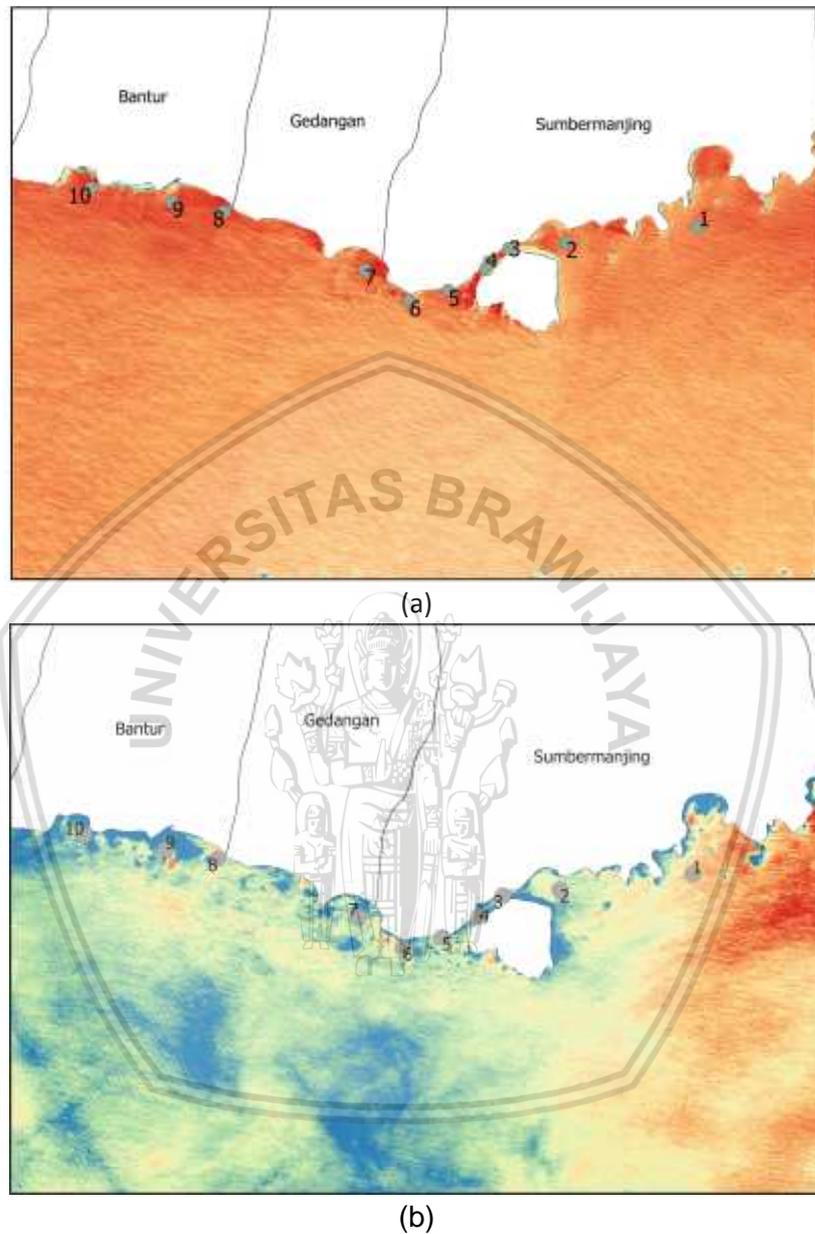
Hasil analisis *Total Suspended Matter* (TSM) data *in situ* dan data citra pada tanggal 7 Mei 2018 dan data citra pada tanggal 10 Juli 2018 memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Namun, perbandingan pada TSM data citra pada tanggal 10 Juli 2018 dan 7 Mei 2018 memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan pada tanggal sebelumnya. Nilai TSM data citra pada tanggal 7 Mei 2018 berkisar antara 71,8 – 80,26 mg/l. Sedangkan nilai TSM data citra pada tanggal 10 Juli 2018 berkisar antara 61,3 – 68,26 mg/l. Adapun perbedaan grafik nilai TSM pada tanggal 7 Mei 2018 dan 10 Juli 2018 dapat dilihat pada **Gambar 18**.



Gambar 18. (a) Grafik TSM 7 Mei 2018, (b) Grafik TSM 10 Juli 2018

Hasil akurasi TSM berdasarkan data *in situ* dan data citra pada tanggal 7 Mei 2018 didapatkan hasil yaitu 80,41%. Sedangkan hasil akurasi TSM pada tanggal 10 Juli 2018 didapatkan hasil 67,85%. Akurasi nilai TSM pada tanggal 10 Juli 2018 didapatkan hasil yang lebih rendah dari pada akurasi nilai TSM pada tanggal 7 Mei 2018, meskipun masih dalam angka lebih dari 50%. Adapun

perbandingan peta sebaran TSM pada 7 Mei 2018 dan 10 Juli 2018 dapat dilihat pada **Gambar 19**.



Gambar 19. (a) Peta Sebaran TSM 7 Mei 2018, (b) Peta Sebaran TSM 10 Juli 2018

Perbedaan nilai data *in situ* dan data citra yang tidak jauh berbeda antara nilai TSM pada bulan Mei dan bulan Juli, dan nilai akurasi pada bulan Juli yang masih terbilang tinggi dapat dikarenakan keadaan cuaca yang baik pada saat pengukuran data *in situ* bulan Mei dengan musim peralihan. Walaupun memiliki

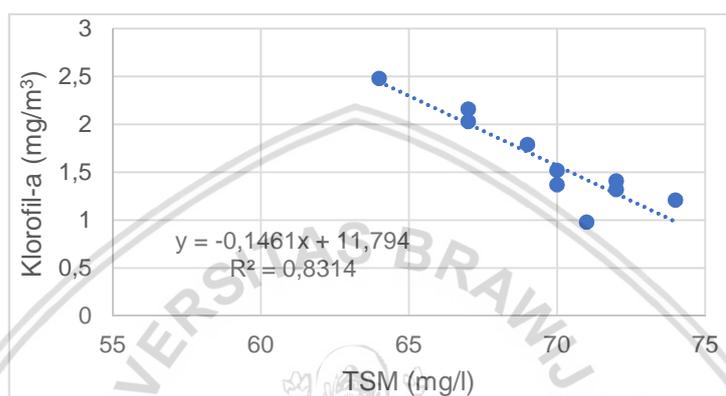
perbedaan musim antara bulan Mei dan Juli tetapi dengan kondisi cuaca yang baik, pengaruh perbedaan nilai yang dihasilkan tidak terlalu jauh. Selain itu, hasil perekaman data citra yang baik mempengaruhi keakurasian hasil data. Meskipun ada perbedaan waktu perekaman antara kedua citra, diasumsikan tidak memiliki banyak perubahan kondisi daerah pengamatan yang terjadi selama rentang waktu tersebut. Perbedaan nilai TSM pada bulan Mei dan bulan Juli tidak memiliki hasil yang terlalu jauh berbeda. Seperti pada penjelasan sebelumnya, persebaran ini dapat dipengaruhi perbedaan musim pada kedua bulan pengamatan tersebut.

Hasil pengolahan data citra memerlukan uji akurasi untuk menghasilkan data yang sesuai dengan kondisi yang seharusnya (Yanuar *et al.*, 2017). Idealnya validasi dengan data *in situ* untuk hasil akurasi yang baik dilakukan pada waktu yang sama ketika citra satelit melintas dan merekam objek (Fawzi, 2017). Sulitnya pengambilan data lapang (*in situ*) bersamaan dengan melintasnya dan perekaman citra satelit diakibatkan oleh kondisi cuaca maupun hambatan di lapang. Nilai akurasi data citra cenderung lebih rendah dibandingkan dengan data *in situ* karena adanya keterbatasan sifat gelombang elektromagnetik dan jarak yang jauh antara sensor dan objek yang diamati (Semedi dan Safitri, 2015). Selain itu sebagian gelombang elektromagnetik mengalami hambatan, yang disebabkan oleh partikel yang ada di atmosfer seperti debu, uap air dan gas. Proses penghambatannya terjadi dalam bentuk serapan dan hamburan (Sudirman dan Husrin, 2014).

4.5 Hubungan Klorofil-a dan TSM

Analisis hubungan antara klorofil-a dan TSM di pesisir Kabupaten Malang, Jawa Timur, ditiga Kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing dilakukan dengan menggunakan regresi linier sederhana $y = -0,1461x + 11,794$

dan $R^2 = 0,8314$. Interpretasi model regresi $y = a + bx$, sehingga apabila nilai $b = -0,1461$ menunjukkan bahwa jika TSM meningkat 1 mg/l maka akan menurunkan klorofil-a sebesar 0,1461 mg/m³. Dan apabila $a = 11,794$ dapat diartikan apabila tidak terdapat TSM, maka nilai klorofil-a diperkirakan sebesar 11,754 mg/m³. Adapun grafik hubungan Klorofil-a dan TSM dapat dilihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Grafik Hubungan TSM dan Klorofil-a

Nilai hasil regresi ini menunjukkan hubungan yang sangat kuat, dengan nilai klorofil-a sebagai variabel bebas (y) dan TSM sebagai Variabel terikat (x) yang mempengaruhi perubahan nilai klorofil-a di perairan. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8314 yang artinya 83,14% TSM mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga Kecamatan yaitu Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing, sehingga TSM dan Klorofil-a memiliki hubungan yang sangat kuat. 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.

4.6 Parameter Kualitas Air

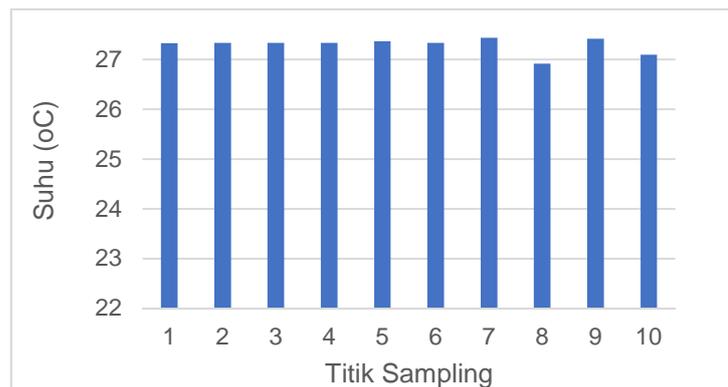
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kualitas air berdasarkan aspek fisika dan kimia yang meliputi suhu, kecerahan, pH, nitrat, dan fosfat. Adapun konsentrasi parameter kualitas air berdasarkan parameter fisika dan kimia yang didapat dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Kualitas Air

Suhu (°C)	Kecerahan (cm)	pH	Nitrat (mg/l)	Fosfat (mg/l)
27,33	72	8,18	0,008	0,04
27,34	65	8,24	0,009	0,07
27,34	58	8,14	0,016	0,13
27,34	59.5	8,15	0,014	0,13
27,37	68.5	8,15	0,012	0,1
27,34	69	8,15	0,008	0,1
27,44	67	8,02	0,009	0,21
26,92	70	8,1	0,011	0,1
27,42	69	8,11	0,014	0,16
27,1	71	8,12	0,011	0,12

4.6.1 Suhu

Berdasarkan **Tabel 9** didapatkan hasil pengukuran suhu yang signifikan yaitu berkisar antara 27,1°C – 27,44°C, dengan nilai rata-rata suhu yaitu 27,29°C. Nilai suhu tertinggi berada pada titik sampel 7 dan terendah pada titik sampel 10. Suhu pada penelitian ini tidak memiliki perbedaan nilai suhu yang signifikan dan cenderung memiliki suhu yang merata. Suhu optimal untuk pertumbuhan plankton di lautan yaitu antara 20-30°C (Effendi 2003). Hal ini menunjukkan suhu air di lokasi penelitian tergolong baik dan berada di dalam kisaran suhu air normal yang umumnya terdapat di wilayah perairan. Adapun nilai suhu pada setiap titik sampel dapat dilihat pada **Gambar 21**.



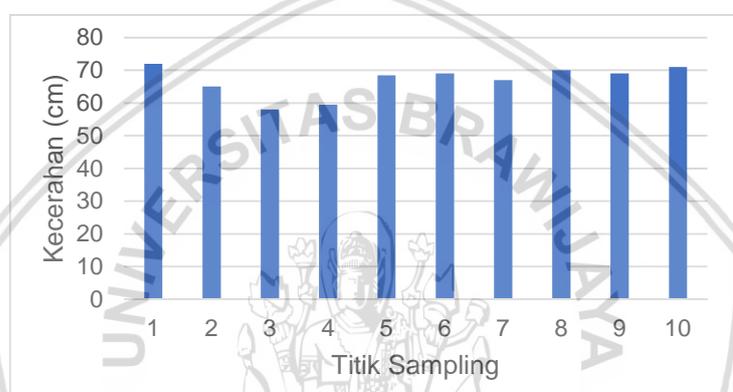
Gambar 21. Grafik Nilai Suhu

Sebaran suhu air laut disuatu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain intensitas matahari yang masuk ke laut, letak geografis perairan, sirkulasi arus, kedalaman laut, angin dan musim (Patty, 2013). Peningkatan suhu menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut karena peningkatan suhu menyebabkan tingginya aktifitas metabolisme dan respirasi organisme yang menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen (Sudirman dan Husrin, 2014). Dari penentuan sebaran suhu permukaan laut yang dihubungkan dengan sebaran klorofil-a dan variabilitas hasil tangkapan ikan, maka daerah yang diduga merupakan daerah potensi penangkapan ikan adalah daerah yang mempunyai suhu optimum dan mempunyai kandungan klorofil-a yang tinggi sebagai indikator kesuburan perairan (sumber makanan) kemudian divalidasi dengan daerah operasi penangkapan ikan oleh nelayan (Adnan, 2010).

4.6.2 Kecerahan

Hasil pengukuran kecerahan pada seluruh titik sampel penelitian didapatkan nilai kecerahan berkisar antara 58 cm – 72 cm dengan nilai rata-rata 66,9 cm. Nilai kecerahan tertinggi berada pada titik sampel 1 yaitu 72 cm dan kecerahan terendah pada titik 3 yaitu 58 cm. Kecerahan air laut berdasarkan baku mutu untuk biota laut yaitu 5 meter (Kep.51/MENKLH/2004). Berdasarkan baku mutu tersebut, kecerahan pada hasil penelitian ini tergolong rendah. Kecerahan air di bawah 100 cm tergolong tingkat kecerahan rendah (Akronomi

dan Subroto, 2002). Perbedaan kecerahan yang terjadi di setiap titik sampel akibat adanya perbedaan pemanfaatan perairan disetiap lokasi pengamatan. Kecerahan terendah pada penelitian ini terdapat pada titik 3 dan 4. Titik sampling tersebut merupakan lokasi pesisir yang dimanfaatkan sebagai pelabuhan, Keramba Jaring Apung, dan pelelangan ikan. Adanya kegiatan pemanfaatan pada daerah perairan pesisir secara terus menerus akan mempengaruhi kekeruhan karena adanya bahan organik yang masuk ke dalam perairan. Adapun nilai Kecerahan pada setiap titik sampel dapat dilihat pada **Gambar 22**.



Gambar 22. Grafik Nilai Kecerahan

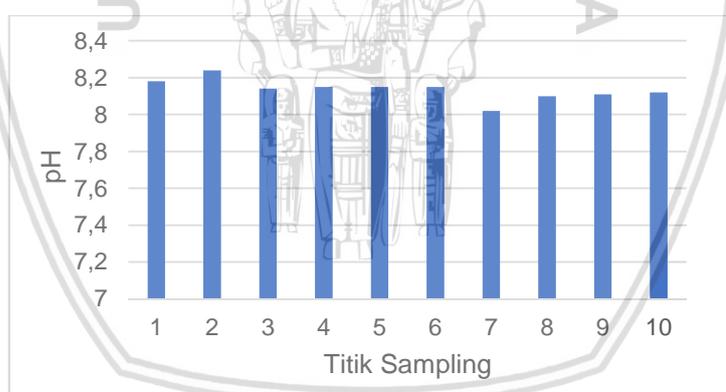
Kecerahan air merupakan ukuran kejernihan suatu perairan, semakin tinggi suatu kecerahan perairan semakin dalam penetrasi cahaya ke dalam air (LIPI, 2016). Tingkat kecerahan sangat dipengaruhi oleh kekeruhan perairan. Semakin tinggi kekeruhan perairan, maka akan semakin rendah penetrasi cahaya yang menembus kolom air, sehingga tingkat kecerahan semakin rendah (Nuriya *et al.*, 2010). Kecerahan pada perairan alami sangat penting karena erat kaitannya dengan aktifitas fotosintesa dan produksi primer dalam suatu perairan (Mainassy, 2017).

Faktor yang mempengaruhi kecerahan adalah kejernihan yang sangat ditentukan partikel-partikel terlarut dalam lumpur. Semakin banyak partikel atau bahan organik terlarut maka kekeruhan akan meningkat. Kekeruhan atau konsentrasi bahan tersuspensi dalam perairan akan menurunkan efisiensi makan

dari organisme (Mainassy, 2017). Kecerahan air yang berkurang akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air dan dapat memengaruhi 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).

4.6.3 pH

Hasil pengukuran pH pada seluruh titik sampel penelitian didapatkan nilai pH berkisar antara 8,02 – 8,24 dengan nilai rata-rata 8,14. Menurut Kep.MNLH No.51 (2004), baku mutu kualitas air untuk biota laut yaitu 7 – 8,5. Berdasarkan baku mutu perairan laut, maka pH pada setiap titik sampel dalam kondisi yang sesuai bagi perairan di pesisir Kabupaten Malang. Adapun nilai pH pada setiap titik sampel dapat dilihat pada **Gambar 23**.



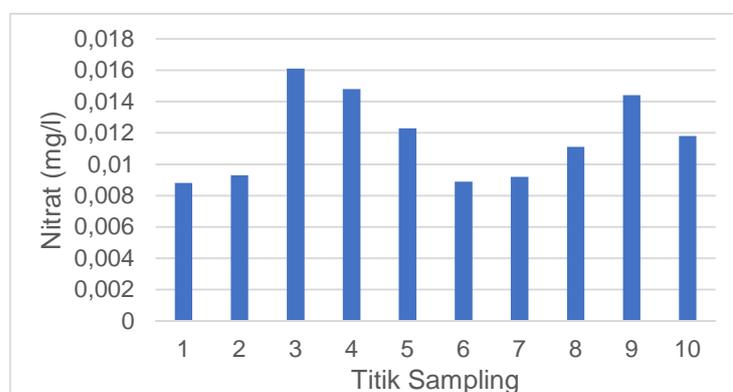
Gambar 23. Grafik Nilai pH

Perairan laut umumnya mempunyai pH berkisar antara 6,5 – 9,0. Derajat keasaman sangat penting dalam menentukan nilai guna perairan untuk kehidupan organisme dan keperluan lainnya (Siburian *et al.*, 2017). Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan produktivitas suatu perairan hal ini dikarenakan pada pH kurang dari 6 organisme seperti fitoplankton tidak akan hidup dengan baik sehingga dapat mengurangi produktivitas pada suatu perairan (Meynar *et al.*, 2011).

Umumnya pH dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti aktifitas fotosintesa, suhu dan adanya anion kation (Siburian *et al.*, 2017). Buangan limbah domestik yang terdiri dari limbah bekas air cucian seperti sabun dan limbah sisa dapur dapat meningkatkan nilai pH, nitrat dan fosfat di perairan (Meynar *et al.*, 2011). Perubahan pH alami di perairan memberikan petunjuk terganggunya sistem penyangga. Hal ini dapat menimbulkan perubahan dan ketidak seimbangan kadar CO₂ yang dapat membahayakan kehidupan biota laut (Riyadi *et al.*, 2005). Kondisi perairan yang bersifat asam kuat ataupun basa kuat akan membahayakan kelangsungan hidup biota karena akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi (LIPI, 2016).

4.6.4 Nitrat (NO₃)

Hasil pengukuran nitrat pada seluruh titik sampel penelitian didapatkan nilai nitrat berkisar antara 0,008 mg/l – 0,016 mg/l dengan nilai rata-rata 0,011 mg/l. Nilai nitrat tertinggi berada pada titik sampel 3 yaitu 0,016 mg/l dan nilai nitrat terendah pada titik 1 yaitu 0,008 mg/l. Kadar nitrat yang normal di perairan laut umumnya berkisar 0,001 mg/l - 0,007 mg/l (Sihombing, 2013). Persyaratan baku mutu air laut untuk biota laut nitrat 0,008 mg/l (Kep.51/MENKLH/2004). Menurut *WHO & European Commision* (2002), sumber utama pengkayaan nitrogen adalah *run-off* yang berasal dari lahan pertanian. Adapun nilai nitrat pada setiap titik sampel dapat dilihat pada grafik di **Gambar 24**.



Gambar 24. Grafik Nilai Nitrat

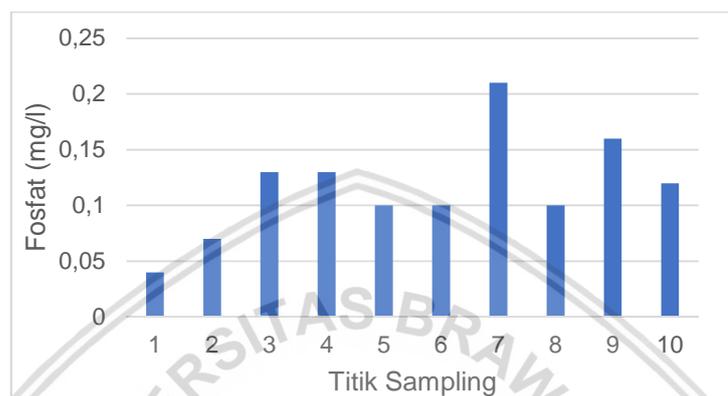
Tingginya kadar nitrat pada muara sungai disebabkan oleh aktifitas dari daratan berupa erosi daratan, masukan limbah rumah tangga, limbah pertanian dari irigasi berupa sisa pemupukan dan lainnya (Silalahi *et al.*, 2017). Konsentrasi nitrat sedikit lebih tinggi di dekat dasar perairan dibandingkan dengan lapisan permukaan. Kondisi ini mungkin disebabkan kadar nitrat di lapisan permukaan lebih banyak dimanfaatkan atau dikonsumsi oleh fitoplankton. Selain itu kadar nitrat yang sedikit lebih tinggi di dekat dasar perairan juga dipengaruhi oleh sedimen. Sedimen merupakan tempat penyimpanan utama nitrat dalam siklus yang terjadi di laut (Patty *et al.*, 2015).

Kandungan klorofil-a yang tinggi pada suatu perairan dipengaruhi oleh kandungan nutrisi di dalamnya, nutrisi yang mempengaruhi jumlah klorofil-a di dalamnya mengandung nilai nitrat (Isnaeni *et al.*, 2015). Hal ini sesuai dengan pernyataan Sihombing *et al.* (2013), bahwa semakin tinggi kandungan nitrat maka kandungan fitoplankton akan semakin tinggi. Keeratan hubungan antara klorofil-a dengan nitrat diduga karena susunan molekul senyawa kimia dari klorofil-a mengandung unsur N didalamnya (Isnaeni *et al.*, 2015). konsentrasi nitrat yang tinggi patut diwaspadai karena dapat memicu pertumbuhan fitoplankton ataupun makroalga dalam jumlah besar atau berlebih (LIPI, 2016).

4.6.5 Fosfat (PO_4)

Hasil pengukuran fosfat pada seluruh titik sampel penelitian didapatkan nilai fosfat berkisar antara 0,04 mg/l – 0,21 mg/l dengan nilai rata-rata 0,116 mg/l. Nilai fosfat tertinggi berada pada titik sampel 7 yaitu 0,21 mg/l dan nilai fosfat terendah pada titik 4 yaitu 0,04 mg/l. Kadar fosfat di perairan ini masih berada di batasan konsentrasi yang dipersyaratkan untuk kehidupan biota laut dalam Kep.MNLH No.51 (2004), adalah 0,015 mg/l. Fosfat yang terdapat dalam air laut umumnya bersal dari hasil dekomposisi organisme yang sudah mati. Fosfat merupakan salah satu senyawa nutrisi yang sangat penting (Silalahi *et*

al., 2017). Menurut WHO & European Commission (2002), pengkayaan fosfor terutama berasal dari limbah rumah tangga dan industri, termasuk detergen berbahan dasar fosfor. Nilai fosfat sebesar 0,087 mg/l sebagai batas atas pada air yang tidak tercemar (Patty et al, 2015). Adapun nilai fosfat pada setiap titik sampel dapat dilihat pada **Gambar 25**.



Gambar 25. Grafik Nilai Fosfat

Fosfat sebagai salah satu zat hara yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton dan organisme laut lainnya dalam menentukan kesuburan perairan, kondisinya tidak stabil karena mudah mengalami proses pengikisan, pelapukan dan pengenceran (Silalahi et al., 2017). Secara alamiah kadar fosfat penyebarannya mulai dari permukaan sampai dasar, semakin ke dasar semakin tinggi konsentrasinya sebagai akibat dari dasar laut yang kaya akan nutrisi (Patty, 2013).

Rendahnya kadar fosfat di perairan dekat pantai, mungkin disebabkan kurangnya kurang menyebarnya masukkan zat-zat organik dari darat yang mengandung zat hara fosfat. Tingginya kadar fosfat permukaan di lokasi dekat pantai ataupun lepas pantai kemungkinan disebabkan arus dan pengadukan (*turbulence*) massa air yang mengakibatkan terangkatnya kandungan fosfat yang tinggi dari dasar ke lapisan permukaan (Patty, 2013). Tingginya kadar fosfat di dasar perairan karena dasar perairan umumnya kaya akan zat hara, baik yang berasal dari dekomposisi sedimen maupun senyawa-senyawa organik yang

berasal dari jasad flora dan fauna yang mati (Isnaeni *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).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

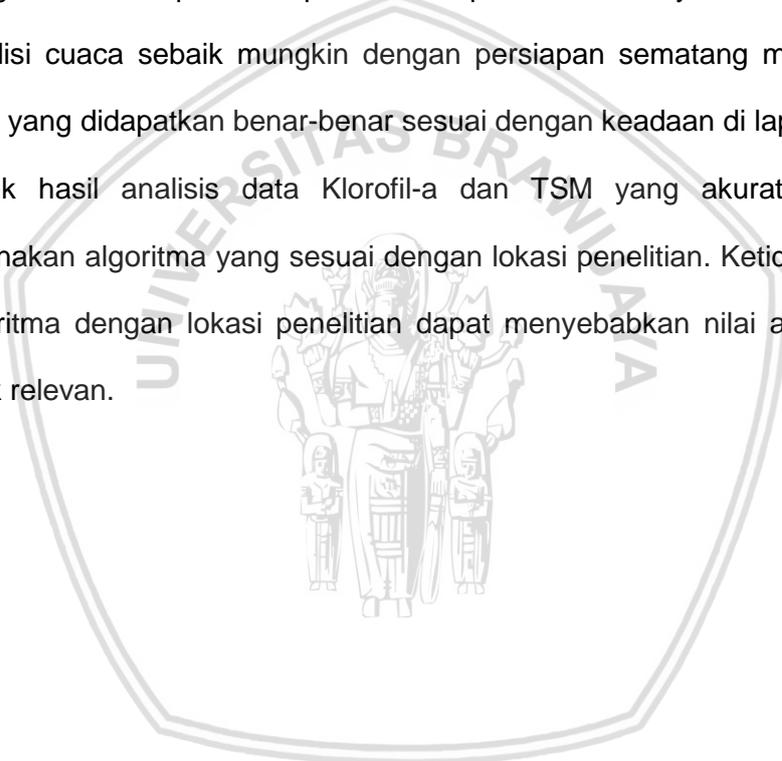
Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis data *in situ* dan data citra didapatkan nilai klorofil-a di pesisir Kabupaten Malang memiliki nilai yang rendah dengan kirasaran nilai data *in situ* $0,98 \text{ mg/m}^3 - 2,48 \text{ mg/m}^3$ dan data citra yaitu $0,86 \text{ mg/m}^3 - 1,34 \text{ mg/m}^3$. Sebaran klorofil-a dan TSM berdasarkan data citra pada peta di perairan pesisir Kabupaten ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) cenderung merata.
2. Berdasarkan hasil analisis data *in situ* dan data citra didapatkan nilai TSM di pesisir Kabupaten Malang memiliki nilai yang tinggi dengan kirasaran nilai data *in situ* $64 \text{ mg/l} - 74 \text{ mg/l}$ dan data citra yaitu $71,8 \text{ mg/l} - 80,26 \text{ mg/l}$.
3. Nilai keakuratan data *in situ* dan data citra satelit memiliki nilai yang jauh dari 0 yaitu dengan nilai akurasi Klorofil-a dan TSM masing-masing adalah 69,17% dan 80,41%.
4. Hubungan antara klorofil-a dan TSM secara statistik memiliki nilai 0,8314 atau 80,66%, dimana nilai TSM mempengaruhi proses fotosintesis klorofil-a fitoplankton karena menyebabkan sinar matahari terhalang masuk ke dalam perairan.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada perairan pesisir Kabupaten Malang ditiga kecamatan (Bantur, Gedangan, dan Sumbermanjing) mengalami perubahan secara fisika, kimia, dan biologi pada lingkungan perairan akibat banyaknya aktivitas manusia dan masukkan air sungai. Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini yaitu:

1. Agar nilai TSM tidak terus meningkat sehingga mempengaruhi klorofil-a, maka sebaiknya aktivitas yang menyebabkan penambahan nilai TSM diperkecil.
2. Nilai akurasi dalam penelitian tidak terlalu tinggi dikarenakan waktu pengambilan data *in situ* dan perekaman citra yang tidak sama. Oleh karena itu, penelitian sebaiknya dilakukan saat yang bersamaan dengan tanggal perekaman citra agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Pengambilan sampel untuk penelitian seperti ini sebaiknya dilakukan dengan kondisi cuaca sebaik mungkin dengan persiapan sematang mungkin agar hasil yang didapatkan benar-benar sesuai dengan keadaan di lapang.
4. Untuk hasil analisis data Klorofil-a dan TSM yang akurat, sebaiknya digunakan algoritma yang sesuai dengan lokasi penelitian. Ketidak sesuaian algoritma dengan lokasi penelitian dapat menyebabkan nilai analisis yang tidak relevan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abida, I. W. 2010. Struktur Komunitas dan Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Muara Sungai Porong Sidoarjo. *Jurnal Kelautan*. 3(1): 36-40.
- Adnan. 2010. Analisis Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Data Inderaja Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Di Perairan Kalimantan Timur. *Jurnal Amanisal*. 1 (1) : 1 – 12.
- 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.
- Akhyar. 2006. Pemetaan Konsentrasi Sebaran TSM (*Total Suspended Matter*) Di Muara Sungai Krueng Aceh dengan Citra Landsat-7 ETM. Fakultas Teknik Jurusan Mesin. UNSYIAH. Aceh.
- Akronomi & Subroto, 2002. Pengantar Limnologi. Gramedia. Jakarta.
- 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., 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.



- Baktiar, A. H., A. P. Wijaya, dan A. Sukmono. 2016. Analisis Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-a dan Konsentrasi *Total Suspended Solid* secara Multitemporal Di Muara Banjir Kanal Timur. *Jurnal Geosud Undip*. 5 (4): 263-276.
- 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.
- 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 CO₂ 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 Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur. 2016. Profil Desa Pesisir Provinsi Jawa Timur Volume 2 (Selatan Jawa Timur). Surabaya: CV. Vox Consultindo.
- 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.
- 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.
- Fawzi, N. I. 2017. Mengukur *Urban Heat Island* Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus Di Kota Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Globe*. 19 (2) : 195 – 205.

- Guntur, G., A. T. Yanuar, S. H. J. Sari, dan A. Kurniawan. Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Metode Indeks Pencemaran Di Pesisir Timur Kota Surabaya. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 6 (1): 81 – 89.
- 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.
- Himayah, 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, A., dan Rozak, A.. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta.
- 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.
- Isnaini., H. Surbakti, dan R. Aryawati. 2015. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Sekitar Pulau Maspari, Ogan Komering Ilir. *Maspari Journal*. 6 (1): 39-45.



- Isnaeni, N., Suryanti, dan P. W. Purnomo. 2015. Kesuburan Perairan Berdasarkan Nitrat, Fosfat, dan Klorofil-a Di Perairan Ekosistem Terumbu Karang Pulau Karimun Jawa. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 4 (2): 75 – 81.
- Jhonnerie, R. 2015. Klasifikasi Mangrove Berbasis Objek Dan Pikel Menggunakan Citra Satelit Multispektral Di Sungai Kambung, Bengkalis, Provinsi Riau. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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.
- Kristiawan, D., N. Widyorini, dan Haeruddin. 2014. Hubungan Total Bakteri dengan Kandungan Bahan Organik Total Di Muara Kali Wisu, Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3 (4): 24 – 33.
- 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.
- _____. 2016. Kualitas Lingkungan untuk Menunjang Budidaya Biota Laut di Perairan Lombok Barat. Pusat Penelitian Oseanografi. Jakarta
- Mainassy, M. C. 2017. Pengaruh Parameter Fisika dan Kimia terhadap Kehidupan Ikan Lompa (*Thryssa baelama Forsskal*) di Perairan Pantai Apui Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. 19 (2): 61 – 66.
- 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.
- Meynar, W., T. S. Raza'i, dan A. Zulfikar. 2011. Indeks Kualitas Perairan Pesisir Kecamatan Tanjungpinang Kota-Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. FIKP UMRAH. Riau.
- 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.
- Murti, S. H., dan P. Wicaksono. Analisis Saluran Spektral yang Paling Berpengaruh dalam Identifikasi Kesehatan Terumbu Karang. *Majalah Ilmiah Globe*. 16 (2) : 117 – 124.
- Nasution, R. 2003. Teknik Sampling. USU Digital Library.
- Nirmala, K., A. Ratnasari, S. Budiman. 2014. Penentuan Kesesuaian Lokasi Budidaya Rumput Laut Di Perairan Teluk Gerupuk – Nusa Tenggara Barat Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 13 (1) : 73 – 82.
- 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., 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.
- Nuzapril, 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.
- Odum, E. P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga. Yogyakarta. Gajah Mada Universitypress.
- Patty, S. I. 2013. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut Di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax.* 1 (3) : 148 – 157.
- _____. 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. 1997. Penentuan Konsentrasi Klorofil-a Perairan Teluk Kayeli Pulau Buru Menggunakan Metode Indrreja. *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.
- Prianto., 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, E., J. L. Gaol, dan V. P. Siregar. 2012. Hubungan Konsentrasi Klorofil-a Dan Suhu Permukaan Laut dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Utama Di Perairan Laut Jawa dari Citra Satelit MODIS. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan.* 3 (2): 1-10.
- 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.

- Rahmawati, I., I. B. Hendrarto, dan P. W. Purnomo. 2014. Fluktuasi Bahan Organik dan Sebaran Nutrien serta Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-a Di Muara Sungai Sayung Demak. *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3 (1) : 27 – 36.
- Rasyid, A. 2009. Distribusi Klorofil-a Pada Musim Peralihan Barat-Timur Di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 9 (2): 125-132.
- 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.
- Riyadi, A., L. Widodo, dan K. Wibowo. 2005. Kajian Kualitas Perairan Laut Kota Semarang dan Kelayakannya untuk Budidaya Laut. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6 (3): 497 – 501.
- Riyono, S. H. 2007. Beberapa Sifat Umum dari Klorofil Fitoplankton. *Oseana*. 32(1): 23-31.
- 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. Rudyanti, 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.

- Siburian, R., L. Simatupang, dan M. Bukit. 2017. Analisis Kualitas Perairan Laut Terhadap Aktivitas Di Lingkungan Pelabuhan Waingapu – Alor Sumba Timur. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 23 (1) : 225 – 232.
- Sihombing, R., R. Aryawati dan Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 5(1): 34-39.
- Silalahi, H. N., M. Manaf, dan Alianto. 2017. Status Mutu Kualitas Air Laut Pantai Maruni Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 1 (1) : 33 – 42.
- Simanjuntak, M. 2009. Hubungan Faktor Lingkungan Kimia, Fisika Terhadap Distribusi Plankton Di Perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Jurnal Perikanan*. 11 (1): 31-45.
- _____. 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.
- Sudirman, N., dan S. Husrin. 2014. Status Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota dan Indeks Pencemaran Perairan Di Pesisir Cirebon pada Musim Kemarau. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 6 (2) : 149 – 154.
- 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.
- Supriyantini, E., R. A. T. Nuraini, dan A. P. Fadmawati. 2017. Studi Kandungan Bahan Organik pada Beberapa Muara Sungai Di Kawasan Ekosistem Mangrove, Di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 6 (1) : 29 – 38.



- Suwargana, N. 2013. Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, SPOT Dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah WIDYA*. 1 (2): 167-174.
- 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.
- Taufiqurohman, 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.
- Ulqodry, T. Z., Yulisman, M. Syahdan, dan Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimun Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*. 13 (1): 35 – 41.
- Utami, F. P., Y. Prasetyo, dan A. Sukmono. 2016. Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi dengan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*. 5 (1) : 305 - 315.
- 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.
- 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 Sugestiningsih. 2007. Kelimpahan dan Sebaran Horizontal Fitoplankton di Perairan Pantai Timur Pulau Belitung. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 12 (1): 6-11.
- World Health Organization and European Commission. 2002. *Eutrophication and Health*. Edited by K. Pond. Luxembourg: Office for official Publication of the European communities. p 28.



- Wulansari, Harvini. 2017. Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan dengan Menggunakan Metode Defuzzifikasi *Maximum Likelihood* Berbasis Citra Alosavnir-2. *Bhumi*. 3 (1): 98-110.
- Yuliara, I. M. 2016. Analisis Regresi Linier Sederhana. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Udayana.
- Yanuar, R. C., R. Hanintyo, dan A. A. Muzaki. 2017. Penentuan Jenis Citra Satelit dalam Interpretasi Luasan Ekosistem Lamun Menggunakan Pengolahan Algoritma Cahaya Tampak. *Geomatika*. 23 (2) : 75 – 86.
- 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. *Maspri Journal*. 7 (1): 9-20.
- Zulkifli, H., Z. Hanafiah, dan D. A. Puspitawati. 2009. Struktur dan Fungsi Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Musi Kota Palembang: Telaah Indikator Pencemaran Air. Jurusan FMIPA. Universitas Sriwijaya.

