



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI PENGARUH KERAMBA JARING APUNG (KJA)
TERHADAP KUALITAS AIR DI WADUK KEDUNG OMBO
DENGAN CITRA LANDSAT-8 MULTITEMPORAL**

TUGAS AKHIR

**ERTHA SILALAH
21110114130079**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2018**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI PENGARUH KERAMBA JARING APUNG (KJA)
TERHADAP KUALITAS AIR DI WADUK KEDUNG OMBO
DENGAN CITRA LANDSAT-8 MULTITEMPORAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata –1)

**ERTHA SILALAH
21110114130079**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI**

**SEMARANG
SEPTEMBER 2018**

HALAMAN PERNYATAAN

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk

Telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Ertha Silalahi
NIM : 21110114130079
Tanda Tangan :



Tanggal : Semarang, 7 September 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : ERTHA SILALAH
NIM : 21110114130079
Jurusan/Departemen : TEKNIK GEODESI
Judul Skripsi :

STUDI PENGARUH KERAMBA JARING APUNG (KJA) TERHADAP KUALITAS AIR DI WADUK KEDUNG OMBO DENGAN CITRA LANDSAT-8 MULTITEMPORAL

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Jurusan/Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

| | | |
|--------------|-------------------------------|---|
| Pembimbing 1 | : Andri Suprayogi, S.T., M.T. | () |
| Pembimbing 2 | : Abdi Sukmono, S.T., M.T. | () |
| Penguji 1 | : Andri Suprayogi, S.T., M.T. | () |
| Penguji 2 | : Abdi Sukmono, S.T., M.T. | () |
| Penguji 3 | : Dr. L. M. Sabri, S.T., M.T. | () |

Semarang, 7 September 2018

Departemen Teknik Geodesi


Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T.
NIP. 197904232006041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

**“Sebab Allah memberikan kepada kita bukan roh ketakutan,
melainkan roh yang membangkitkan kekuatan, kasih dan
ketertiban”- 2 Timotius 1 : 7**

“Tak ‘ku tahu ‘kan hari esok, namun langkahku tegap. Bukan surya ku
harapkan, kar’na surya kan lenyap. Banyak hal tak ku pahami dalam masa
menjelang. Tapi t’rang bagiku ini, Tangan Tuhan yang pegang”- Ira F.
Stanphill

“Ku mulai dari keluargaku menjadi pelaku firman-Mu. S’lalu mendengar
tuntunan Tuhan, berserah pada rencana kasih-Mu. Kadang-kadang lain
jawaban Tuhan atas doaku. Ku pegang teguh, Tuhan ‘ku memberikan yang
terbaik”- Pontas Purba

Tugas Akhir ini saya persembahkan khusus kepada :

Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih-Nya yang luar biasa, atas segala rencana-
Nya yang luar biasa melebihi yang saya harapkan dan doakan. Saya mencintai
Engkau.

Kedua orangtua saya Bapak Sumanggar Silalahi dan Ibu Rostianna Br. Saragih
yang selalu sabar penuh cinta kasih dalam membimbingku. Terima kasih atas
segala perjuangan dan jerih payah yang telah membesarkan dan menyebut
namaku dalam setiap doamu hingga sampai saat ini.

Kakak-kakak yang saya cintai Lersida Susiana Silalahi, Sri Wahyuni Silalahi,
Sumiati Silalahi dan Adik Siapudan kami yang saya cintai, Sumando Silalahi.

Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, kepercayaan dan dukungan yang
telah diberikan sepenuhnya kepada saya. Tuhan Yesus memberkati.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan rahmatNya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dari semua pihak. Tanpa bantuan dan bimbingan yang telah diberikan dari awal hingga akhir, tugas akhir ini tidak akan membuahakan hasil seperti yang diharapkan, namun dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

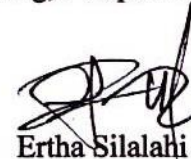
1. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, ST., MT, selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
2. Bapak Andri Suprayogi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Abdi Sukmono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. L. M. Sabri, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Andri Suprayogi, S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama mengikuti proses perkuliahan di Teknik Geodesi.
6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan saran selama proses perkuliahan serta selama pembuatan Tugas Akhir.
7. Seluruh Staf Tata Usaha Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang selalu membantu dalam urusan administrasi dan kemahasiswaan.
8. Kampus Universitas Diponegoro yang telah memberikan saya izin untuk perolehan data penelitian dan mengerjakan Tugas Akhir.
9. Seluruh Pegawai dan Staf Sub Bagian Pengelolaan Aset Biro Administrasi Umum dan Keuangan Universitas Diponegoro yang telah membantu saya dalam perolehan data penelitian Tugas Akhir.
10. Seluruh pihak instansi Balai besar Wilayah Sungai Semarang, Balai PUSDATARU Seluna Kudus yang telah membantu saya dalam perolehan data penelitian Tugas Akhir.

11. Kedua Orangtua saya, Bapak S. Silalahi dan Ibu R. Br. Saragih yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk doa, nasihat dan materi dalam proses perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir.
12. Kakak-kakak saya, Lersida Susiana Silalahi, Sri Wahyuni Silalahi, Sumiati Silalahi dan adik saya, Sumando Silalahi yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
13. Keluarga besar yang selalu memberikan dukungan baik moral maupun materi dan doa.
14. Keluarga Teknik Geodesi 2014 AHOY (*Ambitious, Humble, Optimius, Young*). Seperjuangan dalam menuntut ilmu selama ini! Sukses untuk keluargaku.
15. Keluarga Batak Geodesi (BAGEOD). Terimakasih telah menjadi keluarga dan penyemangat selama di Semarang. Horas!!! Menjuah-juah!!!.
16. Keluarga *Kita-Kita Aja!* “Adri, Billy, Brinton, Dani, Fitra, Jackie, Jauhari, Kevin, Oki, Selli, Shinta, Supriadi, Trevy, Veri, Viktor, Yonanda”. Terimakasih telah menjadi keluarga, penyemangat, dan teman separantauan yang berjuang di Teknik Geodesi ini. Sukses buat kita semua. Ageh!!! Jaga Kesehatan!!!.
17. Keluarga Alumni SMA Negeri 4 Pematangsiantar “KAISAR” yang telah membantu saya dan memperkenalkan Semarang sejak kedatangan pertama.
18. Sahabat tersayangku Selli Angelina Sitepu, Shinta Uli Manullang, Trevy Austin Rajagukguk. Terimakasih untuk kebersamaanya dan sudah menjadi sahabat pertama saya di Teknik Geodesi.
19. Sahabat tersayangku Egga Brian, Fitra S. Pandia, Jackie Suprawito Nababan dan Yonanda Simarsoit. Terima kasih untuk kebersamaan dan pertemanan yang terjalin selama ini.
20. Sahabat tersayangku, Billy Silaen, Dani Purba, Jackie Suprawito Nababan, Jauhari Pangaribuan dan Trevy Austin Rajagukguk. Terima kasih telah membantu dan menemani dalam selama proses Tugas Akhir ini.
21. Kakak-kakak dan Adik-adik Sekolah Minggu yang selalu mengajarkanku untuk semakin mencintai Tuhan Yesus serta memberikan kesempatan untuk melayani ditempat ini, khususnya Sekolah Minggu Cabang Pelamongan.

22. Keluarga Persekutuan Mahasiswa Kristen Fakultas Teknik (PMKFT) UNDIP yang selalu mengajarkanku untuk selalu bersyukur kepada Tuhan serta memberikan kesempatan untuk melayani di tempat ini, khususnya Sie Olahraga 2016 - 2017.
23. Sahabat-sahabat KKN Desa Wadas “Azuri, Della, Ojan, Kikai, Meiska, Rian, Yoshua, dan Zaneta” terima kasih atas kehangatan dan kebersamaan selama 42 hari yang menjadi sedikit cerita dalam kehidupan saya.
24. Aldo Steven Lubis, terima kasih atas semangat dan dukungan selama proses Tugas Akhir ini. Aku Mengasihimu.
25. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang Penulis alami.

Semarang, 7 September 2018



Ertha Silalahi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ERTHA SILALAH
NIM : 21110114130079
Jurusan/Departemen : TEKNIK GEODESI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneksklusif Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

STUDI PENGARUH KERAMBA JARING APUNG (KJA) TERHADAP KUALITAS AIR DI WADUK KEDUNG OMBO DENGAN CITRA LANDSAT-8 MULTITEMPORAL

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 7 September 2018

Yang menyatakan


Ertha Silalahi

ABSTRAK

Waduk Kedung Ombo merupakan sebuah bendungan raksasa terletak di Provinsi Jawa Tengah dimana dikelilingi oleh tiga kabupaten yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Sragen, dan Kabupaten Boyolali tepatnya di Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan. Keberadaan Waduk Kedung Ombo dengan area yang begitu luas menjadikannya memiliki peranan yang sangat penting bagi masyarakat sekitar yaitu sebagai penyedia sumber air utama. Selain sebagai sumber air utama, Waduk Kedung Ombo juga memiliki peranan penting dalam sektor perikanan yaitu kegiatan budidaya ikan dengan menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA) yang dimana jika berkembang pesat akan menimbulkan dampak negatif yaitu penurunan kualitas perairan waduk.

Pada penelitian ini pengambilan titik sampel dilakukan pada bulan April 2018 yang diambil secara acak pada perairan Waduk Kedung Ombo. Hasil sampling akan diuji di laboratorium dimana hasilnya akan digunakan dalam pengolahan algoritma masing-masing pada citra Landsat-8 dan pada KJA diperoleh perubahan jumlah untuk setiap tahunnya. Konsentrasi TSS dan kandungan klorofil-a yang diperoleh digunakan untuk mengetahui distribusi pencemaran dan kesuburan air yang nantinya dikaitkan dengan perubahan jumlah KJA.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan luas KJA dari tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 mengalami kenaikan setiap tahunnya. Kualitas air waduk untuk tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018, berada dalam keadaan memenuhi baku mutu dan berstatus trofik *oligotrof*. Berdasarkan rentang nilai klasifikasi pencemaran air, konsentrasi TSS tertinggi tahun 2013 berada pada rentang 0 – 100 mg/l, untuk tahun 2014 dengan rentang 100 – 500 mg/l, untuk tahun 2016 dan 2018 memiliki rentang sebesar >1000 mg/l . Sedangkan berdasarkan rentang nilai klasifikasi kesuburan air, kandungan klorofil-a tertinggi dari tahun 2013, 2014, 2016 tetap berada pada rentang 2,6 – 7,3 mg/l dan pada tahun 2018 naik hingga berada pada rentang 7,3 – 56 mg/l. Dengan demikian konsentrasi TSS lebih menunjukkan kenaikan lebih signifikan dari pada kandungan klorofil-a yang artinya KJA lebih mempengaruhi secara signifikan terhadap konsentrasi TSS.

Kata Kunci : Indeks Pencemaran, KJA, Klorofil-a, Status Trofik, *Total Suspended Solid*, Waduk Kedung Ombo

ABSTRACT

Kedung Ombo Reservoir is a giant dam located in Central Java Province that surrounded by three districts of Grobogan Regency, Sragen Regency, and Boyolali Regency precisely in Geyer Subdistrict, Grobogan Regency. The existence of the Kedung Ombo Reservoir that has a very high area makes a very important role for the surrounding community, as the main source of water. Aside from being the main source of water, Kedung Ombo Reservoir also has an important role in the fisheries sector it is a fish cultivation activities using Floating Net Cages where if developed rapidly, will have a negative impact, that is reducing the quality of reservoir waters.

In this research, the sampling points was conducted in April 2018 which was taken randomly at the waters of the Kedung Ombo Reservoir. The sampling results will be tested in a laboratory where the results will be used in the processing of each algorithm on Landsat-8 imagery and change in the number of floating net cages for each year. Obtained value of TSS concentration and chlorophyll-a content are used to determine the distribution of water pollution and fertility which will be associated with changes in the amount of floating net cages.

The results obtained from this study show that changes in the area of KJA from 2013, 2014, 2016 and 2018 have increased every year. The quality of reservoir waters from 2013, 2014, 2016 and 2018, water pollution and water fertility stil meet the quality standard class and in oligotroph trophic status. Based on value range data of classification of water pollution, the highest concentration of TSS in 2013 was in the range 0-100 mg / l, for 2014 has range of 100 - 500 mg / l, for 2016 and 2018 had range of > 1000 mg / l. While based on value range data of classification of water fertility, the highest content value of chlorophyll-a from 2013, 2014, 2016 remained in the range 2,6 – 7,3 mg / l and in 2018 it was in the range 7,3 - 56 mg / l. Therefore, the TSS concentration showed a more significant increase than the content value of chlorophyll-a, which means that floating net cages significantly affected the increase in TSS concentration.

Keywords: *Chlorophyll-a, Floating Net Cage, Kedung Ombo Reservoir, Pollution Index, Total Suspended Solid, Trophic Status*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | ix |
| ABSTRAK | x |
| ABSTRACT | xi |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang..... | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian..... | 3 |
| I.4 Manfaat Peneliti | 4 |
| I.5 Ruang Lingkup Penelitian | 4 |
| I.6 Batasan Masalah | 5 |
| I.7 Kerangka Penelitian | 6 |
| I.8 Sistematika Penulisan Tugas Akhir | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 8 |
| II.1 Waduk Kedung Ombo Kabupaten Grobogan | 8 |
| II.2 Citra Landsat-8 | 10 |
| II.3 Penginderaan Jauh | 13 |
| II.4 Keramba Jaring Apung | 16 |
| II.5 Jenis Ikan pada Keramba Jaring Apung | 18 |
| II.6 Pencemaran Air | 20 |
| II.7 <i>Total Suspended Solid</i> | 23 |
| II.8 Penentuan Indeks Pencemaran | 23 |
| II.9 Fitoplankton | 24 |
| II.10 Klorofil-a | 25 |
| II.11 Status Trofik Perairan | 27 |

| | |
|---|-----------|
| II.12 Koreksi Radiometrik | 29 |
| II.12.1 Koreksi Atmosfer | 29 |
| II.13 Deliniasi | 30 |
| II.14 Algoritma Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> | 31 |
| II.15 Algoritma Kandungan Klorofil-a | 31 |
| II.16 Analisis Regresi | 32 |
| II.17 Penelitian Terdahulu | 34 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 38 |
| III.1 Kondisi Umum Daerah Penelitian | 38 |
| III.2 Data dan Peralatan Penelitian | 39 |
| III.2.1 Data Penelitian | 39 |
| III.2.2 Peralatan | 40 |
| III.3 Pengambilan Data Klorofil-a dan TSS <i>insitu</i> | 41 |
| III.4 Diagram Alir Pengolahan Data | 43 |
| III.5 Tahap Pra Pengolahan | 44 |
| III.5.1 Pemilihan Citra Satelit | 44 |
| III.5.2 Koreksi Atmosfer | 45 |
| III.5.3 Pemotongan Citra | 48 |
| III.5.4 Digitasi Keramba Jaring Apung pada Google Earth | 49 |
| III.6 Tahap Pengolahan..... | 49 |
| III.6.1 Perhitungan Nilai <i>Total Suspended Solid</i> dengan Algoritma Syarif Budhiman..... | 49 |
| III.6.2 Perhitungan Nilai Klorofil-a dengan Algoritma Wibowo | 49 |
| III.6.3 Analisis Regresi Nilai TSS dan Klorofil-a <i>Insitu</i> dengan TSS dan Klorofil-a Citra | 50 |
| III.6.4 Klasifikasi Pencemaran Air dengan <i>Buffer</i> 200 meter | 50 |
| III.6.5 Klasifikasi Kesuburan Air dengan <i>Buffer</i> 200 meter | 51 |
| III.6.6 Identifikasi sebaran Keramba Jaring Apung | 51 |
| III.7 Tahap Analisis | 52 |
| III.7.1 Perhitungan Perubahan Kualitas Air berdasarkan Pencemaran dan Kesuburan Air dengan <i>Buffer</i> 200 meter | 52 |

| | |
|--|-----------|
| III.7.2 Perhitungan Pengaruh Keramba Jaring Apung terhadap Kualitas Air dengan <i>Buffer</i> 200 meter | 52 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 53 |
| IV.1 Hasil Koreksi Geometrik..... | 53 |
| IV.2 Hasil Koreksi Atmosfer | 54 |
| IV.3 Hasil Uji Laboratorium | 56 |
| IV.3.1 Hasil Uji Laboratorium Kandungan Klorofil-a | 56 |
| IV.3.1 Hasil Uji Laboratorium Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> | 57 |
| IV.4 Perubahan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> dan Kandungan Klorofil-a..... | 59 |
| IV.4.1 Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> menggunakan Algoritma Syarif Budhiman | 59 |
| IV.4.2 Kandungan Klorofil-a menggunakan Algoritma Wibowo | 62 |
| IV.4.3 Perubahan Nilai Konsentrasi TSS dan Kandungan Klorofil-a tahun 2013 – 2018 | 65 |
| IV.4.4 Hasil Uji Validasi..... | 70 |
| IV.5 Analisis Distribusi Pencemaran Air..... | 72 |
| IV.5.1 Hasil Perhitungan Pencemaran Air 2013..... | 72 |
| IV.5.2 Hasil Perhitungan Pencemaran Air 2014..... | 74 |
| IV.5.3 Hasil Perhitungan Pencemaran Air 2016..... | 75 |
| IV.5.4 Hasil Perhitungan Pencemaran Air 2018..... | 77 |
| IV.5.5 Distribusi Nilai Pencemaran Air Multitemporal..... | 78 |
| IV.6 Analisis Distribusi Kesuburan Air..... | 82 |
| IV.6.1 Hasil Perhitungan Kesuburan Air 2013..... | 82 |
| IV.6.2 Hasil Perhitungan Kesuburan Air 2014..... | 83 |
| IV.6.3 Hasil Perhitungan Kesuburan Air 2016..... | 85 |
| IV.6.4 Hasil Perhitungan Kesuburan Air 2018..... | 86 |
| IV.6.5 Distribusi Nilai Kesuburan Air Multitemporal..... | 88 |
| IV.7 Pengaruh Perubahan Keramba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air.... | 90 |
| IV.7.1 Identifikasi Keramba Jaring Apung..... | 90 |
| IV.7.2 Luas Keramba Jaring Apung Multitemporal..... | 94 |

| | |
|---|------------|
| IV.7.3 Pengaruh Perubahan Keramba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air..... | 95 |
| BAB V PENUTUP..... | 100 |
| V.1 Kesimpulan..... | 100 |
| V.2 Saran..... | 101 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 102 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II- 1 Waduk Kedung Ombo | 8 |
| Gambar II- 2 Satelit Landsat-8 | 10 |
| Gambar II- 3 Sistem Penginderaan Jauh | 13 |
| Gambar III- 1 Peta Waduk Kedung Ombo..... | 38 |
| Gambar III- 2 Sampel Klorofil-a dan TSS..... | 42 |
| Gambar III- 3 Gambar Diagram Alir Penelitian | 43 |
| Gambar III- 4 Tampilan Awal Koreksi Atmosfer Metode <i>Second Simulation of the Sensor Signal in the Sensor Spectrum-vector</i> | 45 |
| Gambar III- 5 Tampilan Data Input Koreksi Atmosfer Metode 6SV | 46 |
| Gambar III- 6 Koefisien x_a , x_b , dan x_c pada Kanal 2 | 47 |
| Gambar III- 7 Diagram Alir Koreksi Atmosfer 6SV | 48 |
| Gambar III- 8 (a) Sebelum <i>Cropping</i> (b) Setelah <i>Cropping</i> | 48 |
| Gambar IV- 1 Histogram sebaran nilai DN (kiri) dan reflektan BoA (kanan) tahun 2013..... | 55 |
| Gambar IV- 2 Histogram sebaran nilai DN (kiri) dan reflektan BoA (kanan) tahun 2014 | 55 |
| Gambar IV- 3 Histogram sebaran nilai DN (kiri) dan reflektan BoA (kanan) tahun 2016 | 55 |
| Gambar IV- 4 Histogram sebaran nilai DN (kiri) dan reflektan BoA (kanan) tahun 2018 | 56 |
| Gambar IV- 5 Peta Distribusi Kandungan TSS menggunakan Algoritma Syarif Budhiman tahun 2018..... | 59 |
| Gambar IV- 6 Grafik regresi eksponensial antara TSS algoritma Syarif Budhiman dengan TSS <i>insitu</i> | 60 |
| Gambar IV- 7 Grafik perbandingan antara nilai TSS algoritma Syarif Budhiman dengan TSS <i>insitu</i> | 61 |
| Gambar IV- 8 Peta Distribusi Kandungan Klorofil-a menggunakan Algoritma Wibowo tahun 2018 | 63 |
| Gambar IV- 9 Grafik regresi eksponensial antara klorofil-a algoritma Wibowo dengan klorofil-a <i>insitu</i> | 64 |

| | |
|---|----|
| Gambar IV- 10 Grafik perbandingan antara nilai klorofil-a algoritma Wibowo dengan klorofil-a <i>insitu</i> | 65 |
| Gambar IV- 11 Peta Distribusi Konsentrasi TSS menggunakan Algoritma Syarif Budhiman tahun 2018..... | 66 |
| Gambar IV- 12 Peta Distribusi Kandungan Klorofil-a menggunakan Algoritma Wibowo tahun 2018 | 66 |
| Gambar IV- 13 Nilai Konsentrasi TSS tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018..... | 67 |
| Gambar IV- 14 Kandungan Klorofil-a tahun 2013, 2014, 2016, dan 2018 | 67 |
| Gambar IV- 15 Peta Distribusi Pencemaran Air Hasil <i>Buffer</i> 200 meter 2013 .. | 73 |
| Gambar IV- 16 Peta Distribusi Pencemaran Air Hasil <i>Buffer</i> 200 meter 2014 .. | 74 |
| Gambar IV- 17 Peta Distribusi Pencemaran Air Hasil <i>Buffer</i> 2016 | 76 |
| Gambar IV- 18 Peta Distribusi Pencemaran Air Hasil <i>Buffer</i> 2018 | 77 |
| Gambar IV- 19 Perubahan Luas Daerah Pencemaran Air Tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 80 |
| Gambar IV- 20 Peta Distribusi Kesuburan Air Hasil <i>Buffer</i> 2013..... | 82 |
| Gambar IV- 21 Distribusi Kesuburan Air Hasil <i>Buffer</i> 2014..... | 84 |
| Gambar IV- 22 Distribusi Kesuburan Air Hasil <i>Buffer</i> 2016..... | 85 |
| Gambar IV- 23 Distribusi Kesuburan Air Hasil <i>Buffer</i> 2018..... | 87 |
| Gambar IV- 24 Perubahan Luas Daerah Kesuburan Air tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 89 |
| Gambar IV- 25 Peta Sebaran Keramba Jaring Apung tahun 2013..... | 91 |
| Gambar IV- 26 Peta Sebaran Keramba Jaring Apung tahun 2014..... | 92 |
| Gambar IV- 27 Peta Sebaran Keramba Jaring Apung tahun 2016..... | 93 |
| Gambar IV- 28 Peta Sebaran Keramba Jaring Apung tahun 2018..... | 94 |
| Gambar IV- 29 Perbandingan Luasan Keramba Jaring Apung tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 95 |
| Gambar IV- 30 Grafik Luas Keramba Apung tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 96 |
| Gambar IV- 31 Perbandingan Luas Pencemaran dan Kesuburan Air tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 96 |
| Gambar IV- 32 Perbandingan Luas KJA dengan konsentrasi TSS hasil <i>Buffer</i> 200 meter tahun 2013- 2018..... | 96 |

| | |
|--|----|
| Gambar IV- 33 Perbandingan Luas KJA dengan kandungan klorofil-a hasil <i>Buffer</i> 200 meter tahun 2013- 2018..... | 97 |
| Gambar IV- 34 Perbandingan Luas KJA dengan rentang nilai konsentrasi TSS setiap kelas Pencemaran Air tahun 2013- 2018 | 97 |
| Gambar IV- 35 Perbandingan Luas KJA dengan rentang nilai kandungan Klorofil-a setiap Status Trofik Kesuburan Air tahun 2013- 2018. | 97 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel II- 1 Band Sensor OLI | 11 |
| Tabel II- 2 Band Sensor TIRS | 11 |
| Tabel II- 3 Tingkat Pra pengolahan citra satelit Landsat | 12 |
| Tabel II- 4 Kombinasi Kanal Landsat-8 | 13 |
| Tabel II- 5 Jenis Ikan dan Habitatnya | 19 |
| Tabel II- 6 Kriteria Status Trofik Danau/Waduk | 28 |
| Tabel II- 7 Ringkasan Penelitian Terdahulu | 34 |
| Tabel III- 1 Data dan Sumber Data..... | 40 |
| Tabel IV- 1 Tabel Hasil Geometrik Google Earth dari tahun 2017 ke tahun 2013..... | 53 |
| Tabel IV- 2 Tabel Hasil Geometrik Google Earth dari tahun 2017 ke tahun 2014 | 54 |
| Tabel IV- 3 Data Klorofil-a Hasil Laboratorium | 57 |
| Tabel IV- 4 Data TSS Hasil Uji Laboratorium | 58 |
| Tabel IV- 5 Perbedaan Nilai Konsentrasi TSS dan Klorofil-a pada perairan waduk dengan daerah hasil <i>buffer</i> 200 meter pada KJA 2013 | 68 |
| Tabel IV- 6 Perbedaan Nilai Konsentrasi TSS dan Klorofil-a pada perairan waduk dengan daerah hasil <i>buffer</i> 200 meter pada KJA 2014 | 68 |
| Tabel IV- 7 Perbedaan Nilai Konsentrasi TSS dan Klorofil-a pada perairan waduk dengan daerah hasil <i>buffer</i> 200 meter pada KJA 2016..... | 68 |
| Tabel IV- 8 Perbedaan Nilai Konsentrasi TSS dan Klorofil-a pada perairan waduk dengan daerah hasil <i>buffer</i> 200 meter pada KJA 2018..... | 68 |
| Tabel IV- 9 Data Titik Sampel Insitu Waduk Kedung Ombo | 71 |
| Tabel IV- 10 Data Hasil Model Regresi TSS dan Klorofil-a..... | 71 |
| Tabel IV- 11 Nilai RMSe Hasil Validasi Klorofil-a dan TSS..... | 71 |
| Tabel IV- 12 Klasifikasi Pencemaran Air 2013 | 73 |
| Tabel IV- 13 Klasifikasi Pencemaran Air 2014 | 75 |
| Tabel IV- 14 Klasifikasi Pencemaran Air 2016..... | 76 |
| Tabel IV- 15 Klasifikasi Pencemaran Air 2018 | 78 |
| Tabel IV- 16 Perbandingan Luas Daerah Pencemaran Air Tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 79 |

| | |
|---|----|
| Tabel IV- 17 Persentase Luas Daerah Pencemaran Air Tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 79 |
| Tabel IV- 18 Konsentrasi Kelas Tercemar..... | 80 |
| Tabel IV- 19 Klasifikasi Kesuburan Air 2013 | 83 |
| Tabel IV- 20 Klasifikasi Kesuburan Air 2014 | 84 |
| Tabel IV- 21 Klasifikasi Kesuburan Air 2016 | 86 |
| Tabel IV- 22 Klasifikasi Kesuburan Air 2018 | 87 |
| Tabel IV- 23 Perbandingan Luas Daerah Kesuburan Air tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 88 |
| Tabel IV- 24 Persentase Luas Daerah Kesuburan Air tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 | 88 |
| Tabel IV- 25 Jumlah Keramba Jaring Apung tahun 2013 | 91 |
| Tabel IV- 26 Jumlah Keramba Jaring Apung tahun 2014 | 92 |
| Tabel IV- 27 Jumlah Keramba Jaring Apung tahun 2016 | 93 |
| Tabel IV- 28 Jumlah Keramba Jaring Apung tahun 2018 | 94 |

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Waduk Kedung Ombo merupakan sebuah bendungan raksasa yang terdapat di Jawa Tengah sehingga menjadikannya salah satu waduk terbesar di Indonesia (Widodo dkk., 2011). Waduk ini terletak di Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan dan dikelilingi oleh tiga kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Sragen, dan Kabupaten Boyolali. Dengan memiliki luas area sebesar 6.576 Ha, yaitu luas perairan 2.830 Ha dan lahan daratan sebesar 3.746 Ha. Waduk Kedung Ombo ialah tempat pertemuan Sungai Kali Serang dan Sungai Kali Uter yang berperan penting sebagai sumber air utama. Suplai air untuk waduk ini juga dipasok dari beberapa anak sungai besar maupun kecil yaitu sungai Braholo, Sungai Tengah, Sungai Nglanji, Sungai Tapen, dan Sungai Sambas. Keberadaan Waduk Kedung Ombo dengan area yang begitu luas menjadikannya memiliki peranan yang sangat penting bagi masyarakat sekitar yaitu sebagai penyedia sumber air utama.

Selain sebagai sumber air utama, Waduk Kedung Ombo juga memiliki peranan penting dalam sektor perikanan. Kegiatan budidaya ikan dengan Keramba Jaring Apung (KJA) sangatlah banyak diminati dapat dilihat dari penambahan jumlah KJA yang semakin meningkat di wilayah perairan waduk yang disebabkan karena besarnya keuntungan yang diperoleh oleh pembudidaya ikan dengan menggunakan sistem KJA ini. Jika peningkatan kegiatan perikanan dengan budidaya KJA dibiarkan terus-menerus maka akan menimbulkan dampak negatif. Semakin berkembangnya kegiatan budidaya KJA di perairan waduk maka semakin banyak sisa pakan dan hasil metabolisme ikan akan terurai didalam air yang cenderung meningkatkan unsur hara seperti N dan P sehingga mempercepat *eutrofikasi*. *Eutrofikasi* dapat menyebabkan *blooming algae* dan menurunkan kualitas perairan waduk (Hidayah dkk., 2014). Perubahan penurunan kualitas perairan jika terjadi akan menyebabkan sulitnya pengoperasian dan pemeliharaan waduk.

Wahyuastari dkk. (2015) mengungkapkan dalam kesimpulan penelitian yang telah dilakukan pada tahun 2008-2014 dengan metode monitoring secara langsung ke lapangan menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di perairan Waduk Kedung Ombo setelah adanya KJA mulai mengalami penurunan dan tercemar ringan

(eutrofikasi). Beban pencemar Waduk Kedungombo yang terbesar ditunjukkan oleh parameter Residu Terlarut (TDS) sebesar 1.160.000 kg/hari dan parameter Residu Tersuspensi (TSS) 252.700 kg/hari. Beban pencemaran residu tersuspensi dan residu terlarut yang tinggi sebagai akibat dari adanya berbagai kegiatan dan membuang limbah yang dihasilkan ke badan perairan diantaranya kegiatan pemukiman dan peternakan yang akan tetapi penyuplai terbesarnya ialah limbah organik pada budidaya ikan sistem KJA Sisa pakan yang berbentuk partikel ini akan mengendap menjadi sedimen di dasar perairan Waduk Kedungombo. Pertumbuhan jumlah KJA yang dibudidayakan di danau/waduk secara intensif yang terus meningkat menghasilkan sejumlah limbah organik (terutama yang mengandung unsur nitrogen dan fosfor) yang besar akibat pemberian pakan yang tidak efektif dan efisien, sehingga terjadi sisa pakan yang menumpuk di dasar perairan. Limbah organik pada budidaya ikan sistem KJA menjadi penyebab utama menurunnya fungsi ekosistem waduk yang ditandai terjadinya pencemaran waduk (eutrofikasi dan *upwelling*). Kondisi ini mengakibatkan kematian pada organisme perairan serta diakhiri semakin menebalnya lapisan anaerobik di badan air waduk.

Analisis pengaruh KJA terhadap tingkat kualitas perairan Waduk Kedungombo dengan bentangan wilayah yang cukup luas memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar jika dilakukan dengan monitoring langsung ke lapangan dan uji laboratorium. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit landsat memiliki cara pemrosesan yang tidak rumit dan biaya yang cukup murah untuk mendapatkan data kualitas perairan waduk. Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi dan menganalisis hasil perekaman karakteristik spektral air dengan parameter-parameter kualitas air. Dimana untuk menilai kualitas air penelitian ini menggunakan parameter konsentrasi Klorofil-a yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan air dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air. Dengan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* ini akan didapat nantinya informasi mengenai kualitas air di perairan Waduk Kedungombo Dimana dengan menggunakan metode-metode yang tepat nantinya mampu menampilkan hasil pengaruh KJA terhadap kualitas air Waduk Kedungombo sesuai dengan yang diharapkan.

Informasi tingkat kesuburan dan pencemaran air dalam sistem penginderaan jauh dengan pemrosesan citra satelit dapat dihasilkan dengan menggunakan suatu

algoritma yang berfungsi untuk mendapatkan nilai yang cocok antara data citra dengan data lapangan hasil pengolahan uji laboratorium sehingga dengan pemilihan algoritma yang sesuai diharapkan mendapat hasil data yang cocok pada daerah penelitian. Penelitian ini menggunakan algoritma penentuan konsentrasi klorofil-a dengan algoritma Wibowo (1994) dan penentuan konsentrasi TSS dengan algoritma Syarif Budhiman (2004). Setelah didapat algoritma terpilih, dilakukan uji akurasi citra satelit untuk mengetahui informasi yang diberikan tentang klorofil-a dan TSS yang dimana hasil uji akurasi citra nantinya akan dibandingkan dengan data lapangan yang telah diuji melalui analisis laboratorium. Keramba Jaring Apung diidentifikasi dengan cara digitasi pada Google Earth dalam memisahkan batas perairan dan KJA. Setelah itu pengaruh KJA terhadap kualitas air dapat dianalisis dengan melihat perubahan yang terjadi dari tahun ke tahun dengan hasil akhir berupa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka diangkat perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perubahan konsentrasi TSS dan kandungan klorofil-a berdasarkan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo?
2. Bagaimana distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo?
3. Bagaimana pengaruh keramba jaring apung terhadap hasil distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh perubahan konsentrasi TSS dan kandungan klorofil-a berdasarkan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo

2. Memperoleh peta distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo
3. Mengetahui pengaruh keramba jaring apung terhadap hasil distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) dengan citra Landsat-8 tahun 2013-2018 di Waduk Kedung Ombo.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi instansi terkait :
 - a. Sebagai informasi yang dapat digunakan dalam merumuskan kebijakan pengelolaan lingkungan di sekitar Waduk Kedung Ombo.
 - b. Memberikan informasi mengenai kondisi kualitas perairan Waduk Kedung Ombo.
2. Bagi masyarakat luas:
 - a. Memberikan informasi mengenai kondisi kualitas perairan Waduk Kedung Ombo.
 - b. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai dampak dari ketidaksesuaian pengelolaan lingkungan sekitar Waduk Kedung Ombo.
3. Bagi Perkembangan Ilmu Pengetahuan:
 - a. Memberikan informasi mengenai konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* di perairan Waduk Kedung Ombo.
 - b. Memberikan informasi mengenai pengaruh temporal keramba jaring apung terhadap distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) di Waduk Kedung Ombo.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian :

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Daerah yang menjadi objek penelitian adalah Waduk Kedung Ombo yang terletak pada koordinat 7°15' LS 110°50' BT.
2. Penelitian difokuskan pada perairan yang terdapat sebaran KJA.

3. Pengolahan menggunakan citra Landsat 8 L1TP akuisisi tahun 2013, 2014, 2016 dan 2018 dengan *path* 120 dan *row* 65.
4. Algoritma Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) perairan hasil validasi antara hasil pengukuran *in situ* dengan data citra penginderaan jauh.
5. Data klorofil-a dan TSS *in situ* yang digunakan merupakan data hasil uji laboratorium.
6. Konsentrasi klorofil-a pada citra dihitung dengan algoritma Syarif Budhiman dan tss pada citra dihitung dengan algoritma Wibowo.
7. Mengetahui sebab paling berpengaruh antara keramba jaring apung terhadap klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS).
8. Memetakan distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan konsentrasi klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) di Waduk Kedung Ombo secara multitemporal.
9. Pemetaan kriteria status trofik kesuburan air berdasarkan PerMNLH No.28 tahun 2009.
10. Pemetaan indeks pencemaran air berdasarkan nilai konsentrasi TSS menurut KMNLH No.115 tahun 2003.

I.6 Batasan Masalah :

Agar tidak menyimpang dari pokok perumusan masalah dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan, maka peneliti membatasi permasalahan pada :

1. Wilayah penelitian ini dilakukan di Waduk Kedung Ombo, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah.
2. Data pengukuran lapangan (*in situ*) Klorofil-a dan TSS di perairan Waduk Kedung Ombo menggunakan data sampel air yang diambil secara acak pada badan air waduk yang terdapat KJA yang mengelompok dan diuji dalam laboratorium untuk diketahui nilai kandungan Klorofil-a dan TSS sampel air tersebut.
3. Algoritma Wibowo dkk (1994) untuk konsentrasi klorofil-a dan algoritma Syarif Budhiman (2004) untuk *Total Suspended Solid* pada Waduk Kedung Ombo.
4. Pendugaan model algoritma dilakukan menggunakan beberapa persamaan regresi, yaitu : regresi linear, eksponensial, logaritmik, *polynomial* orde-2,

polynomial orde-3, dan power antara nilai konsentrasi klorofil-a dan TSS yang diperoleh melalui pengukuran langsung (*in situ*) dengan nilai reflektansi citra pada *band* biru, hijau dan merah.

5. Mengetahui pengaruh antara keramba jaring apung terhadap TSS untuk distribusi pencemaran dan klorofil-a untuk distribusi kesuburan air yang telah di buffer 200 meter sekitar area KJA.

I.7 Kerangka Penelitian :

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian, meliputi tahapan persiapan, pengumpulan data, pengolahan data dan pembuatan laporan.

1. Pra Pengolahan

Tahapan ini meliputi kegiatan pemilihan citra yang dimana pada penelitian ini menggunakan citra Landsat-8, koreksi atmosfer, pemotongan citra serta kegiatan digitasi keramba jaring apung pada Google Earth.

2. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data ini meliputi kegiatan, perhitungan algoritma Klorofil-a dan TSS, analisis regresi berdasarkan algoritma TSS dan klorofil-a dari data citra dengan data TSS dan klorofil-a *insitu*, klasifikasi TSS dan klorofil-a berdasarkan pencemaran dan kesuburan air, melakukan perhitungan dari hasil klasifikasi pencemaran dan kesuburan air secara multitemporal dan melakukan identifikasi KJA untuk mendapatkan perubahan secara multitemporal.

3. Analisis Data

Hasil analisis pengolahan data berupa analisis tentang perubahan pencemaran dan kesuburan air secara multitemporal serta analisis pengaruh KJA terhadap kualitas air berdasarkan pencemaran dan kesuburan air secara multitemporal.

4. Pembuatan Laporan

Merupakan tahap akhir penelitian, tahap laporan dan uraian pembahasan.

I.8 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika penulisan laporan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dari struktur laporan agar lebih jelas dan terarah. Adapun sistematikanya sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang pokok-pokok pemikiran penulisan penelitian ini yang meliputi : judul, latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, batasan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berkaitan dengan penelitian mengenai pengaruh kramba jaring apung terhadap konsentrasi Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) Waduk Kedung Ombo dengan menggunakan citra satelit multi temporal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap pelaksanaan penelitian yaitu tahap persiapan yang terdiri dari data penelitian, perangkat penelitian, metode penelitian dan pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan kualitas perairan Waduk Kedung Ombo dengan analisis pengaruh budidaya keramba jaring apung (KJA) terhadap kesuburan dan pencemaran air menggunakan citra satelit multi temporal.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dapat dijadikan masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Waduk Kedung Ombo Kabupaten Grobogan

Waduk Kedung Ombo merupakan salah satu bendungan terbesar di Indonesia yang dibangun pada tahun 1985-1989 dan diresmikan pada tanggal 18 Mei 1991 di Desa Rambat, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan oleh Presiden Republik Indonesia Soeharto. Konsultan perencana Waduk ini dilaksanakan oleh SMEC (Snowy Mountains Engineering Corporation- Australia) dan dilaksanakan pembangunannya oleh kontraktor HAZAMA GUMI (Jepang) - PT Brantas Abi Praya (Indonesia) JO. Kapasitas tampungan Waduk Kedung Ombo sebesar 723 juta m³ dengan volume efektif sebesar 634,6 juta m³. Waduk ini dikelilingi oleh tiga kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yaitu Kabupaten Grobogan, Kabupaten Sragen, dan Kabupaten Boyolali. Secara astronomis, letak Waduk Kedung Ombo berada pada koordinat 7°15'33" LS dan 110°50'18" BT. Kini pengelolaan Waduk Kedung Ombo dipegang oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana yang berkedudukan di Semarang, Jawa Tengah (Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2012).



Gambar II- 1 Waduk Kedung Ombo (BBWS Pemali Juana, 2012)

Dengan memiliki luas area sebesar 6.576 Ha, yaitu luas perairan 2.830 Ha dan lahan daratan sebesar 3.746 Ha. Waduk Kedung Ombo menampung air dari 2 (dua) sungai utama sebagai pemasok air terbesar, yaitu Sungai Kali Serang dan Sungai Kali Uter serta 3 (tiga) buah sungai kecil, yaitu Sungai Sentulan, Jenglong dan Karangboyo.

Menurut Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana selaku pengelola Waduk Kedung Ombo, potensi perairan Waduk Kedung Ombo yang berasal dari Sungai Kali Serang dan Sungai Kali Uter untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar. Kebutuhan yang harus dipenuhi Waduk Kedung Ombo antara lain sebagai berikut:

1. Pengembangan Irigasi

Irigasi ialah usaha dalam penyediaan dan melakukan pengeturan air yang bertujuan untuk menunjang pertanian. Waduk Kedung Ombo beserta 3 (tiga) buah seri bendung dihilir yaitu Bendung Sidorejo, Bendung Sedadi dan Bendung Klambu mengairi daerah layanan irigasi dengan luas total 64.365 Ha dan volume untuk irigasi 619,111 juta m³.

2. Pengendali Banjir

Untuk meredam banjir yang berasal dari daerah Serang, Sedadi, Juana dan Wedung pada kondisi PMF dari 8.000 m³./dt menjadi 5.540 m³./dt dengan tampungan volume untuk pengendali banjir 263 juta m³.

3. Pembangkit Tenaga Listrik

Waduk Kedung Ombo memiliki pembangkit listrik tenaga air yang berkapasitas 22,50 MW yang berada di Kabupaten Grobogan dan dari Bendung Sodorejo yang terdapat di Purwodadi memiliki kapasitas 1,40 MW, sehingga total kapasitas penyediaan listrik yaitu sebesar 23,90 MW.

4. Pengembangan Perikanan

Wilayah perairan Waduk Kedung Ombo juga dimanfaatkan dalam perikanan yaitu dengan adanya budidaya ikan dengan Keramba Jaring Apung (KJA) yang dimana jumlah luasan KJA yang digunakan sebesar 148.510 m².

5. Pengembangan Wisata

Waduk Kedung Ombo juga dimanfaatkan dalam pengembangan pariwisata. Namun sayangnya, Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana menutupnya sejak tanggal 3 September 2017.

6. Penyediaan Air Baku.

Penyediaan air baku ini meliputi untuk penyediaan air minum dan sebagai keperluan berbagai industri. Waduk Kedung Ombo beserta 3(tiga) bendungan yang berada di hilir memasok penyedia untuk air baku sebesar 1.700lt/dt.

Oleh karena demikian, Waduk Kedung Ombo sangat penting keberadaannya dan perlunya dilakukan pemeliharaan agar Waduk Kedung Ombo dapat beroperasi sebagaimana peruntukannya yang sangat banyak pengaruh manfaatnya bagi masyarakat yang berada disekitar Waduk Kedung Ombo.

II.2 Citra Landsat-8

Pada tanggal 11 Februari 2013 dipangkalan angkatan udara Vandenberg, California- Amerika Serikat diluncurkan satelit generasi terbaru dari Program Landsat yaitu *Landsat Data Continuty Mission* atau Landsat -8. Landsat-8 ini merupakan gabungan project antara USGS dengan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center* dan pengelolaan arsip data citra ditangani oleh *Earth Resources Observation and Science (EROS)*. Landsat-8 mengorbit pada ketinggian 705 km dengan sudut inklinasi sebesar 98,2 derajat dan meliputi wilayah yang sama pada permukaan bumi setiap 16 hari yang mendekati lingkaran sinkron matahari. Luas wilayah sapuan per scene 170 km x 183 km serta hanya memerlukan waktu 99 menit untuk mengorbit bumi. Satelit Landsat-8 dapat dilihat pada Gambar II-2.



Gambar II- 2 Satelit Landsat-8 (USGS, 2015)

Satelit Landsat-8 yang direncanakan mempunyai durasi misi selama 5 – 10 tahun ini, dilengkapi dua sensor yang merupakan hasil pengembangan dari sensor yang terdapat pada satelit-satelit pada Program Landsat sebelumnya. Kedua sensor tersebut yaitu sensor *Operational Land Manager (OLI)* yang terdiri dari 9 *band* serta sensor *Thermal InfraRed Sensors (TIRS)* yang terdiri dari 2 *band*. Resolusi spektral dan spasial tiap *band* citra Landsat-8 dapat dilihat pada Tabel II-1.

Tabel II- 1 *Band* Sensor OLI (USGS, 2015)

| <i>Band</i> Spektral | Panjang Gelombang | Resolusi Spasial |
|--|-------------------------|------------------|
| <i>Band 1- Coastal/Aerosol</i> | 0.433- 0.453 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 2- Blue</i> | 0.450- 0.515 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 3- Green</i> | 0.525- 0.600 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 4- Red</i> | 0.630- 0.680 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 5- Near InfraRed</i> | 0.845- 0.885 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 6- Short Wavelength InfraRed</i> | 1.560- 1.660 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 7- Short Wavelength InfraRed</i> | 2.100- 2.300 mikrometer | 30 Meter |
| <i>Band 8- Panchromatic</i> | 0.500- 0.680 mikrometer | 15 Meter |
| <i>Band 9- Cirrus</i> | 1.360- 1.390 mikrometer | 30 Meter |

Sensor OLI memiliki yaitu *band 1* atau *ultra blue* yang lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau *aerosol* sehingga unggul dalam membedakan konsentrasi *aerosol* di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda. Sedangkan sisa 7 *band* lainnya merupakan *band* yang sebelumnya juga telah terdapat pada sensor satelit Landsat generasi sebelumnya.

Untuk pemasangan *band 9* berfungsi untuk mendeteksi awan cirrus dengan baik pada sensor OLI, sedangkan *band thermal* (kanal 10 dan kanal 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. Dan untuk lebih detailnya, berikut ini resolusi spektral dan spasial *band* yang terdapat pada sensor TIRS.

Tabel II- 2 *Band* Sensor TIRS (USGS, 2015)

| <i>Band</i> Spektral | Panjang Gelombang | Resolusi Spasial |
|--|-------------------------|------------------|
| <i>Band 10- Long Wavelength InfraRed</i> | 10.30- 11.30 mikrometer | 100 Meter |
| <i>Band 11- Long Wavelength InfraRed</i> | 11.50- 12.50 mikrometer | 100 Meter |

Citra Landsat 8 telah disediakan oleh penyedia dalam beberapa tingkatan (level) pra pengolahan data, sehingga pengguna dapat memilih citra yang masih

mengalami kesalahan geometrik dan radiometrik atau citra yang telah terlepas kesalahan tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan citra satelit Landsat-8 *Level-1 Precision Terrain* (L1TP) yang dimana pada tingkat produk L1TP citra sudah dikoreksi secara geometrik. Tingkat pra pengolahan citra satelit Landsat dapat dilihat pada Tabel II-3.

Tabel II- 3 Tingkat Pra pengolahan citra satelit Landsat

| No | Level | Keterangan |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | Level 0 | Data citra berupa data mentah (<i>raw data</i>) yang belum terkoreksi radiometrik dan geometrik. |
| 2 | Level 1 Radiometrik (L1R) | Kesalahan radiometrik pada citra sudah dikoreksi, sedangkan kesalahan geometriknya masih sama seperti pada level 0. |
| 3 | Level 1 Sistematis (L1GS) | Data citra sudah dikoreksi radiometrik dan sudah dikoreksi geometrik sistematis menggunakan data <i>ephemeris</i> satelit. |
| 4 | Level 1 GT | Produk L1R yang sudah dikoreksi geometrik sistematis menggunakan data <i>ephemeris</i> satelit dan menggunakan data DEM untuk mengoreksi <i>relief displacement</i> . |
| 5 | Level 1 <i>Terrain</i> (L1TP) | Produk L1R yang sudah dikoreksi geometrik sistematis menggunakan data <i>ephemeris</i> satelit dan menggunakan data DEM untuk mengoreksi relief displacement, serta sudah diproses orthorektifikasi menggunakan GCP (<i>Ground Control Point</i>). L1TP merupakan data level 1 kualitas tertinggi yang cocok untuk analisis rangkaian waktu |

Butler (2013) mengungkapkan urutan dari beberapa kombinasi *band* umum yang diterapkan ke Landsat-8, ditampilkan sebagai warna merah, hijau dan biru (RGB) dapat dilihat pada Tabel II-4.

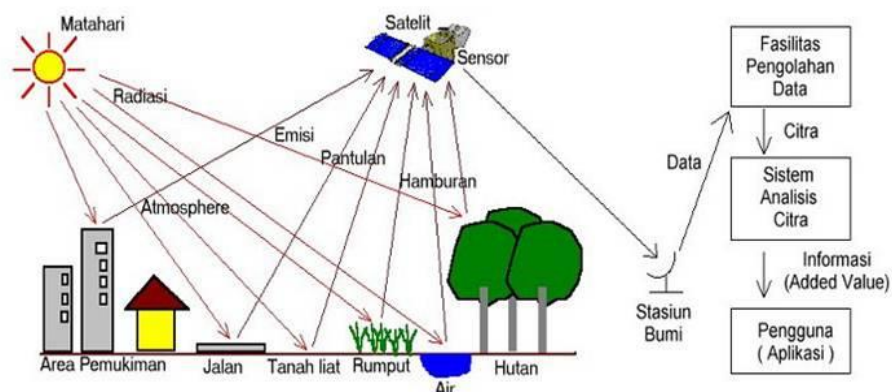
Tabel II- 4 Kombinasi Kanal Landsat-8

| Kegunaan | Kombinasi Kanal |
|---|-----------------|
| <i>Natural Color</i> | 4 3 2 |
| <i>False Color (urban)</i> | 7 6 4 |
| <i>Color Infrared (vegetation)</i> | 5 4 3 |
| <i>Agriculture</i> | 6 5 2 |
| <i>Atmospheric Penetration</i> | 7 6 5 |
| <i>Healthy Vegetation</i> | 5 6 2 |
| <i>Land/Water</i> | 5 6 4 |
| <i>Natural With Atmospheric Removal</i> | 7 5 3 |
| <i>Vegetation Analysis</i> | 6 5 4 |

II.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang obyek, area atau fenomena melalui analisa terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Lillesand dan Ralph W. Kiefer, 1994).

Alat yang dimaksud dalam pengertian diatas ialah alat penginderaan atau sensor. Sensor dibawa oleh wahana baik berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana lainnya yang dimana hasil perekaman oleh alat yang dibawa oleh suatu wahana ini selanjutnya disebut sebagai data penginderaan jauh (Susanto, 1986). Sistem penginderaan jauh dapat dilihat pada Gambar II-3.



Gambar II- 3 Sistem Penginderaan Jauh

Menurut Sutanto (1986), sistem penginderaan jauh adalah serangkaian komponen yang digunakan untuk penginderaan jauh yang meliputi sumber energi, atmosfer, interaksi antara energi dan obyek, sensor, perolehan data dan penggunaan data.

1. Sumber energi dalam penginderaan jauh terdiri dari dua sistem yaitu sistem pasif dan sistem aktif. Sistem pasif adalah sistem yang menggunakan sinar matahari sedangkan sistem aktif adalah sistem yang menggunakan tenaga buatan seperti gelombang mikro. Jumlah tenaga yang diterima obyek di setiap tempat berbeda-beda hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu antara lain :

- a. Waktu penyinaran

Waktu penyinaran ialah jumlah energi yang diterima obyek pada saat matahari tegak lurus pada siang hari lebih besar daripada saat posisi miring sore hari. Makin banyak energi yang diterima obyek makin cerah.

- b. Bentuk permukaan bumi

Bentuk permukaan bumi adalah permukaan bumi yang bertekstur halus dan memiliki warna cerah pada permukaannya karena lebih banyak memantulkan sinar matahari dibandingkan permukaan yang bertekstur kasar dan berwarna gelap sehingga daerah yang bertekstur halus dan cerah terlihat lebih terang dan jelas.

- c. Kondisi cuaca pada saat pemotretan mempengaruhi kemampuan sumber tenaga dalam memancarkan dan memantulkan.

2. Atmosfer

Atmosfer merupakan lapisan udara yang terdiri atas berbagai jenis gas, seperti nitrogen, hidrogen dan helium. Molekul-molekul gas yang terdapat di dalam atmosfer tersebut dapat menyerap, memantulkan dan melewatkan radiasi elektromagnetik. Keadaan di atmosfer dapat menjadi penghalang pancaran sumber tenaga yang mencapai ke permukaan bumi.

3. Interaksi antara tenaga dan obyek

Interaksi antara tenaga dan obyek interaksi tersebut dapat dilihat rona yang dihasilkan oleh citra. Tiap-tiap obyek memiliki karakteristik yang berbeda dalam memantulkan atau memancarkan tenaga ke sensor. Obyek yang mempunyai daya pantul tinggi akan terlihat cerah pada citra sedangkan obyek yang daya pantulnya rendah akan terlihat gelap pada citra.

4. Sensor dan wahana

Sensor merupakan alat pembantu yang dipasasng pada wahana, baik pesawat maupun satelit. Sensor dapat dibedakan menjadi dua yaitu sensor fotografik merekam obyek melalui proses kimiawi dan sensor elektronik bekerja secara elektrik dalam bentuk sinyal elektrik yang direkam dalam pita magnetik. Sedangkan wahana adalah kendaraan/media yang digunakan untuk membawa sensor guna mendapatkan inderaja. Berdasarkan ketinggian peredaran dan tempat pemantauannya diangkasa, wahana dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

- a. Pesawat terbang rendah-menengah 1000m - 900m diatas permukaan bumi.
- b. Pesawat terbang tinggi lebih dari 18.000 m diatas permukaan bumi
- c. Satelit yang beredar antara 400 km- 900 km di luar atmosfer.

Sensor pada penginderaan jauh merupakan alat perekam obyek yang ada di permukaan bumi yang dipasang pada suatu wahana berupa pesawat udara maupun pesawat ruang angkasa yang letaknya jauh dari permukaan bumi. Kemampuan sensor untuk menyajikan gambaran obyek terkecil disebut resolusi spasial yang menunjukkan kualitas sensor yang baik atau tidak. Semakin kecil obyek yang dapat direkam semakin baik kualitas sensornya.

5. Perolehan data

Perolehan data dari penginderaan jauh ada dua jenis yaitu data manual didapatkan melalui kegiatan interpretasi citra. Untuk interpretasi citra menggunakan alat stereoskop yang digunakan untuk melihat obyek dalam bentuk tiga dimensi. Data numerik (digital), diperoleh melalui penggunaan *software* khusus penginderaan jauh.

6. Penggunaan data

Penggunaan data merupakan komponen terakhir yang penting dalam sistem penginderaan jauh, yaitu orang atau lembaga yang memanfaatkan hasil inderaja. Jika tidak ada pengguna, maka data penginderaan jauh tidak ada manfaatnya. Beberapa lembaga yang menggunakan data penginderaan jauh antara lain, bidang militer, kependudukan, pemetaan, meteorologi, dan klimatologi.

Keunggulan penginderaan jauh menurut Sutanto (1994), penggunaan data penginderaan jauh baik diukur dari jumlah bidang penggunaanya maupun dari

frekuensi penggunaannya pada tiap bidang mengalami peningkatan dengan pesat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Citra menggambarkan obyek, daerah dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak obyek yang mirip wujud dan letak di permukaan bumi, relatif lengkap, meliputi daerah yang luas, serta bersifat permanen.
- 2) Dari jenis citra tertentu dapat ditimbulkan gambaran tiga dimensional apabila pengamatannya dilakukan dengan alat yang disebut stereoskop.
- 3) Karakteristik obyek yang tidak tampak dapat diwujudkan dalam bentuk citra sehingga dimungkinkan pengenalan obyeknya.
- 4) Citra dapat dibuat secara cepat meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara terestrial.
- 5) Merupakan satu-satunya cara untuk pemetaan daerah bencana.
- 6) Citra sering dibuat dengan periode ulang pendek.

II.4 Keramba Jaring Apung

Salah satu manfaat penggunaan waduk ialah dalam budidaya perikanan, yang dimana pada saat ini dengan budidaya sistem Keramba Jaring Apung (KJA) yang paling banyak diminati masyarakat. Usaha budidaya dengan sistem KJA berkembang dengan cepat dan banyak dinikmati dikarenakan besarnya keuntungan yang diperoleh oleh pembudidaya ikan. Pengertian KJA menurut (Direktoral Jenderal Perikanan, 1987) adalah tempat pemeliharaan ikan yang terbuat dari bahan jaring yang dapat menyebabkan keluar masuknya air dengan leluasa, sehingga terjadi pertukaran air dari dan ke perairan sekitarnya serta pembuangan limbah atau sisa-sisa proses pemberian pakan dengan mudah.

Menurut Tim Perikanan WWF- Indonesia, Keramba Jaring Apung terdiri dari komponen sebagai berikut :

1. Rakit Apung

Sebelum membuat rakit apung terlebih dahulu dibuat kerangka yang sesuai dengan ukuran atau lebih tergantung pada jaring yang akan digunakan. Kerangka jaring apung akan lebih efisien jika menggunakan pipa besi. Kerangka ini berfungsi sebagai tempat peletakan kurungan yang berbentuk segi empat dan rakit ini terbuat dari bahan bambu, kayu atau pipa galvanis

anti karat. Kerangka ditempatkan dilokasi budidaya dengan diberi jangkar sebanyak 4 (empat) buah agar tetap pada tempatnya atau tidak terbawa arus.

2. Pelampung

Untuk mengapungkan budidaya termasuk rumah jaga diperlukan pelampung. Pelampung dapat digunakan drum plastik volume 200 liter. Untuk menahan satu unit rakit dengan 4 (empat) buah kantong ukuran 6 x 6 x 4 m, diperlukan pelampung 24-30 buah, tergantung beban.

3. Kantong (Kurungan Jaring)

Kantong berfungsi sebagai wadah pemeliharaan ikan yang terbuat dari bahan *polyethylene* (PE) agar ikan selama budidaya tidak lepas ke perairan. Usahakan menggunakan jaring luar untuk menahan ikan lolos dari kantong budidaya. Bentuk kurungan disesuaikan dengan bentuk kerangka rakit yaitu empat persegi dengan ukuran 6 x 6 x 4 m.

4. Jangkar

Jangkar berfungsi untuk menahan sarana budidaya agar tidak bergeser dari tempatnya akibat pengaruh arus dan angin ataupun gelombang. Setiap inti keramba jaring apung dipergunakan jangkar 4 (empat) buah yang terbuat dari cor semen dengan berat masing-masing 50 kg satu titik. Tali jangkar pada umumnya memiliki panjang 1,5 kali kedalam perairan guna menghindari tenggelamnya jaring pada saat ada arus dan permukaan air di waduk, *reservoir* naik. Keramba dilengkapi dengan alat perangkap yang dipasang diantara keramba atau kanal air limbah untuk mengambil contoh kelolosan.

Budidaya perikanan dengan sistem KJA memberikan dampak positif bagi perekonomian masyarakat di sekitar waduk namun disisi lain kegiatan KJA rawan terhadap masalah pelestarian lingkungan khususnya kualitas perairan dari waduk itu sendiri (Siagian, 2013). Pertumbuhan KJA diberbagai tempat sangat pesat dan cenderung tidak terkontrol dikarenakan sifat waduk yang masih dianggap sebagai *commom property* (milik bersama) dan *open access* (sifat terbuka). Jika pertumbuhan KJA tidak terkendali maka akan mengakibatkan degradasi kualitas air waduk. Salah satunya adalah peningkatan kandungan nurtrien, seperti nitrogen (N) dan fosfor (P), dalam air yang berasal dari sisa pakan ikan yang tidak dimanfaatkan dan menyebabkan terjadinya eutrofikasi jika konsentrasi nutrien tinggi (Ashuri dan Sudjono, 2010).

Pemberian makan ikan pada sistem KJA menggunakan pelet sebagai pakan utama. Jumlah KJA yang meningkat akan berbanding lurus dengan jumlah ikan yang diperlihara yang dimana jika pemberian pakan tidak dilakukan dengan efektif dan efisien maka pakan ikan yang tidak terkonsumsi akan terbuang ke badan air sebagai limbah ditambah lagi sisa metabolisme seperti feses dan urine yang semuanya terbuang ke badan air (Ginting, 2011).

Mac Donald dkk,(1996); Boyd (1999) mengatakan bahwa dari sejumlah pakan yang diberikan kepada ikan budidaya akan tertinggal sebagai sisa pakan yang tidak terkonsumsi lebih kurang 30 %. Selanjutnya, dari sejumlah pakan yang dikonsumsi oleh ikan akan dieksresikan kembali ke badan air sebagai feses sekitar 25-30%.Jumlah pakan yang terurai di dalam badan air waduk/danau. Semakin berkembangnya aktivitas budidaya perikanan di waduk maka semakin banyak pakan dan kotoran ikan yang lolos ke perairan waduk. Selanjutnya pakan dan kotoran ikan akan terurai menyebabkan eutrofikasi (pengkayaan unsur hara) yang dapat menyebabkan *blooming algae* dan menurunkan kualitas perairan waduk seperti yang terjadi di waduk di Cirata dan Saguling (Sukimin, 2008 dalam Hidayah dkk., 2014).

II.5 Jenis Ikan pada Keramba Jaring Apung

Budidaya ikan dngan Keramba Jaring Apung semakin berkembang pesat. Pengetahuan mengenai keanekaragaman dan kelimpahan jenis ikan sangat perlu untuk menjaga kelestarian ekosistem waduk tersebut. Keramba Jaring Apung di Waduk Kedung Ombo memiliki keragaman jenis ikan yaang dibudidayakan. Yunianto dkk. (2012) mengungkapkan keanekaragaman jenis ikan pada budidaya KJA di Waduk Kedung Ombo terdapat enam jenis spesies, yaitu Tawes (*Barbonymus gonionotus*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Mas (*Cyprinus Carpio*), Mujair (*Oreochromis mossambicus*), Patin (*Pangasius sutchi*), Gurame (*Osphronemus goramy*). Menurut Riyanto dkk. (2017), berikut adalah ciri-ciri habitat ikan yang terdapat pada Waduk Kedung Ombo yang dapat dilihat Pada Tabel II-5.

Tabel II- 5 Jenis Ikan dan Habitatnya

| Jenis Ikan | Habitat |
|------------|---|
| Tawes | <p>Kebiasaan makan bersifat herbivore.</p> <p>Makanan utamanya adalah tumbuhan air, detritus, fitoplankton. Tumbuhan air meliputi gulma air, enceng gondok, rerumputan ditepian perairan dan kiambang. Diperairan umum memijah pada musim penghujan. Telur mengendap pada dasar perairan.</p> |
| Nila | <p>Ikan nila cepat tumbuh bila perairannya banyak tumbuhan lunak seperti hydrilla ganggang, plankton. Secara alami ikan nila memijah setelah turun hujan. Ikan jantan membuat sarang berbentuk cekungan didasar perairan dengan diameter 30-50 cm sesuai besarnya ikan. Pembuahan terjadi di dasar cekungan tersebut.</p> |
| Mas | <p>Telur mengendap pada dasar perairan.</p> <p>Ikan mas cepat tumbuh bila perairannya banyak tumbuhan lunak seperti ganggang, plankton dan cacing serta pellet. Secara alami ikan nila memijah setelah turun hujan. Pembuahan terjadi di dasar cekungan tersebut.</p> |
| Mujair | <p>Makanannya terdiri dari alga dan tumbuh-tumbuhan. Mudah berkembang biak dalam segala perairan. Dikenal dengan mouth breeder (pengeraman telur dalam mulut), karena induk betina mengulum telur yang telah dibuahi di dalam rongga mulutnya yang berfungsi sebagai incubator.</p> |

Tabel II-6 Lanjutan

| Jenis Ikan | Habitat |
|------------|---|
| Patin | Ikan patin memakan ikan, cacing, pellet serasah dan biji-bijian. Dialam, peijahan terjadi pada awal musim hujan hingga bulan Januari. Rerumputan perdu sejenis kayu duri sebagai tempat pemijahan ikan pada musim hujan. Anak-anak patin hidup bergerombol. Tempat pemijahan biasanya di rumpon (kayu berduri). |
| Gurame | Pada waktu memijah, telur gurami dilekatkan di tumbuhan air atau ditaruh disarang yang terbuat dari tumbuh-tumbuhan. Makanan utama gurami adalah tumbuhan, namun juga pemangsa serangga, ikan lain, dan juga barang yang membusuk diar. Di alam, gurame menyukai perairan yang dngkal dan banyak tumbuhan. |

Dhartyati dkk. (2009) mengungkapkan jumlah hasil panen pemeliharaan ikan pada budidaya keramba jaring apung rata-rata berjumlah 2.500 kg/keramba dengan lama pemeliharaan 5 – 6 bulan. Jumlah hasil panen disebabkan karena pemberian pakan yang diberikan. Jika pemberian pakan sangat efisien dan kadang berkurang menyebabkan pertumbuhan ikan relatif lambat dan pertumbuhan relatif cepat karena pemberian pakan sangat banyak dan cenderung tak terbatas.

II.6 Pencemaran Air

Air merupakan salah satu kebutuhan hidup yang paling penting. Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung. Sebagian besar air tawar yang digunakan berasal dari air sungai, danau, waduk dan sumur. Ketidaktersediaan air bersih secara umum disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam disebabkan secara alamiah bentukan (kondisi) wilayahnya yang memang sulit untuk mendapatkan air sehingga tidak tersedianya air. Faktor manusia yaitu dikarenakan tercemarnya air bersih akibat aktifitas manusia. Terlebih

lagi jika terjadinya pencemaran air yang diakibatkan oleh kurangnya kepekaan akan pelestarian lingkungan dan pada akhirnya merugikan masyarakat sekitarnya (Puspitasari, 2009).

Pengertian pencemaran air menurut PERMEN RI No.82 Tahun 2001 adalah memasukkannya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperlihatkan kepentingan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis.

Menurut Sahabuddin (2012) dampak akibat terjadinya pencemaran air adalah sebagai berikut :

1. Limbah organik

Limbah organik dalam air dapat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen karena limbah organik yang terbuang dalam air mengalami degradasi dan dekomposisi oleh bakteriaerob (menggunakan oksigen dalam air), sehingga lama kelamaan oksigen terlarut dalam air akan sangat berkurang. Dalam kondisi berkurangnya oksigen tersebut hanya spesies organisme tertentu saja yang dapat hidup.

2. Pencemaran Bahan Kimia Organik

Bahan kimia organik seperti minyak, plastik, pestisida, larutan pembersih, detergen dan masih banyak lagi bahan organik terlarut yang digunakan oleh manusia dapat menyebabkan kematian pada ikan maupun organisme lainnya.

3. Pencemaran Bahan Organik Nutrisi Tanaman

Badan Riset Internasional di Jerman menyatakan bahwa kandungan nitrat yang diminum per hari antara 200-300 mg dapat membahayakan kesehatan. Kelimpahan unsur nitrat dalam air ini disebut eutrofikasi. Pengaruh eutrofikasi ini adalah terjadinya perubahan keseimbangan antara tanaman air dan hewan air, sehingga beberapa jenis ikan musnah dan tanaman air akan menghambat laju arus air.

4. Pencemaran Bahan Kimia Anorganik

Disamping dapat menyebabkan matinya kehidupan air seperti ikan dan organisme lainnya, pencemaran bahan tersebut juga dapat menurunkan produksi tanaman pangan dan merusak peralatan yang dilalui air tersebut karena bersifat korosif.

5. Timbulnya endapan, kolodial, dan bahan terlarut

Endapan dan kolodial serta bahanterlarut berasal dari bahan buangan industri yang berbentuk padat. Bahan ini apabila tidak dapat larut maka akan mengendap di bagian dasar air dan yang larut sebagian akan menjadi koloid. Endapan sebelum sampai dasar air akan melayang-layang di dalam air dan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Padahal sinar matahari dibutuhkan untuk fotosintesis. Karena sinar matahari tidak ada maka fotosintesis terhambat dan ini menyebabkan organisme akuatik terganggu.

6. Meningkatnya radioaktifitas lingkungan

Zat-zat radioaktif ini dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan biologis apabila tidak ditangani dengan benar, baik melalui efek langsung maupun efek tertunda, maka tidak dibenarkan dan sangat tidak etis bila ada yang membuang bahan sisa radioaktif ke lingkungan.

7. Perubahan suhu air

Air yang suhunya naik akan mengakibatkan kehidupan organisme akuatik terganggu karena suhu yang tinggi akan melarutkan kadar oksigen terlarut. Padahal setiap kehidupan memerlukan oksigen untuk respirasi. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari udara yang secara lambat terdifusi ke dalam air. Makin tinggi suhu air maka, makin sedikit kadar oksigen terlarut di dalamnya.

8. Perubahan PH

PH air normal berkisar 6,5 – 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung besar kecilnya pH atau besar konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air limbah dan bahan buangan dari industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air.

II.7 *Total Suspended Solid*

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Effendi, 2000 dalam Baktiar, 2016).

TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dan erosi dari saluran sungai. TSS sangat bervariasi, mulai kurang dari 5mgL⁻¹ yang paling ekstrem 30.000 mgL⁻¹ di beberapa sungai. TSS tidak hanya menjadi ukuran penting erosi di alur sungai, juga berhubungan erat dengan transportasi melalui sistem sungai nutrisi (terutama fosfor), logam, dan berbagai bahan kimia industri dan pertanian. Baku mutu air berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Tengah No.5 tahun 2014, batas ambang dari TSS di sungai yang berasal dari limbah domestik sebesar 100 mgL⁻¹. Estimasi nilai TSS diperoleh dengan cara menghitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

$$\text{TSS (mgL}^{-1}\text{)} = (\text{A}-\text{B}) \times 1000 / \text{V} \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

Keterangan :

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume contoh (mL)

Alabaster dan Lloyd (1982) dalam Pembayun (2015) mengungkapkan bahwa padatan tersuspensi bisa bersifat toksik bila dioksidasi berlebih oleh organisme sehingga dapat menurunkan dissolved oxygen (DO) sehingga dapat menyebabkan kematian pada ikan.

II.8 **Penentuan Indeks Pencemaran**

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) memberi masukan pada pengambilan keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi

penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Indeks Pencemaran mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independent dan bermakna (KMNLH No.115 tahun 2003).

Dari hasil pengolahan data citra *Total Suspended Solid* (TSS) dan hasil uji laboratorium selanjutnya dilakukan perhitungan dengan indeks pencemaran sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 tahun 2003 tentang Status Mutu Air sebagai pembanding dengan buku mutu untuk mengerahui tingkat pencemaran di lokasi titik sampling tersebut. Rumus untuk perhitungan indeks pencemaran sebagai berikut :

$$PI = C_i / L_{ij} \dots\dots\dots(II.6)$$

Dimana :

C_i : konsentrasi parameter kualitas air (TSS)

L_{ij} : konsentrasi parameter kualitas air yang dicatumkan dalam Baku Mutu Peruntukan Air.

Valuasi terhadap nilai PI adalah:

$0 \leq PI \leq 1,0$: memenuhi baku mutu (kondisi baik).

$1,0 < PI \leq 5,0$: tercemar ringan.

$5,0 < PI \leq 10$: tercemar sedang.

$PI > 10$: tercemar berat.

II.9 Fitoplankton

Fitoplankton merupakan komponen yang memiliki peranan penting dalam suatu ekosistem perairan dan perikanan, karena sebagai mata rantai makanan pertama untuk menunjang kehidupan biota di dalam perairan tersebut (Odum E.P., 1971). Menurut Anugerah Nontji (1984), fitoplankton merupakan tumbuhan yang seringkali ditemukan di seluruh massa air pada zona *eufotik*, berukuran mikroskopis dan memiliki klorofil sehingga mampu membentuk zat organik dari zat non-organik melalui fotosintesis. Menurut Lancar L. dan Krake K. (2002), kelimpahan fitoplankton dapat mengasimilasi sebagian besar zat hara dari perairan. Kelimpahan fitoplankton di suatu perairan dipengaruhi oleh parameter lingkungan termasuk kualitas perairan. Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi respon pertumbuhan fitoplankton yaitu suhu, cahaya dan nutrient. Bila suhu, cahaya dan nutrient dalam

kondisi yang optimum maka plankton akan tumbuh dengan pesat (Vithanage, 2009 dalam Hidayah dkk., 2014).

Pada penelitian ini faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton terfokus pada nutrisi. Nutrien merupakan zat yang dapat mempengaruhi dan dibutuhkan oleh organisme perairan seperti fitoplankton, terutama nitrat dan fosfat. Tinggi rendahnya kandungan nitrat dan fosfat di suatu perairan dapat mempengaruhi kelimpahan fitoplankton, sehingga nitrat dan fosfat juga dapat mempengaruhi kandungan klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton. Semakin tinggi kandungan nutrisi di suatu perairan maka semakin tinggi juga kelimpahan fitoplankton dan konsentrasi klorofil-a. Fitoplankton merupakan tumbuhan yang memiliki klorofil-a yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi kimia yang diperlukan untuk melakukan proses fotosintesis (Ayuningsih dkk., 2014)

Fitoplankton memiliki klorofil yang berperan dalam fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik dan oksigen dalam air yang digunakan sebagai dasar mata rantai pada siklus makanan di perairan. Keberadaannya di perairan dapat menggambarkan status suatu perairan, apakah dalam keadaan tercemar atau tidak (Lukman dkk., 2014). Kelimpahan fitoplankton memiliki hubungan positif dengan kesuburan perairan. Apabila kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tinggi maka perairan tersebut cenderung memiliki produktivitas yang tinggi pula (Kamali, 2004 dalam Baktiar, 2016). Namun fitoplankton tertentu mempunyai peran menurunkan kualitas perairan apabila jumlahnya berlebih (*blooming*). Tingginya populasi fitoplankton beracun di perairan dapat menyebabkan berbagai akibat negatif bagi ekosistem perairan, seperti berkurangnya oksigen di dalam air yang dapat menyebabkan kematian bagi makhluk air lainnya (Baktiar, 2016). Fitoplankton dapat berperan sebagai salah satu dari parameter ekologi yang dapat menggambarkan kondisi kualitas perairan. Fitoplankton merupakan dasar produsen primer mata rantai makanan di perairan, apakah dalam keadaan tercemar atau tidak (Lukman dkk., 2014).

II.10 Klorofil-a

Klorofil merupakan zat hijau daun pada organisme autotrof yang berfungsi dalam menangkap energi matahari untuk mensintesis karbohidrat dan oksigen dari CO₂ dan H₂O. Oleh karena itu kandungan klorofil memiliki fungsi yang sangat penting dalam menentukan laju fotosintesis pada tumbuhan foto autotrof. Klorofil

dapat dibedakan menjadi klorofil-a dan klorofil-b. Klorofil-a terdapat pada semua organisme autotrof serta berperan langsung dalam reaksi terang fotosintesis dan efektif dalam menyerap cahaya biru violet dan merah, sedangkan klorofil-b tidak berperan secara langsung dalam reaksi terang dan efektif hanya menyerap cahaya biru dan orange, dan memantulkan cahaya kuning – hijau (Ginting, 2011).

Klorofil-a adalah satu-satunya pigmen fotosintesis yang ditemukan pada semua organisme autotrof dalam proses yang melibatkan O₂. Klorofil-a merupakan satu-satunya pigmen yang dapat mendistribusikan energi cahaya yang diserap kepada fotosintesis, sementara pigmen lainnya hanya mentransfer energi cahaya yang diserapnya ke klorofil-a. (Dring, 1990 dalam Paramitha, 2014). Kandungan klorofil-a merupakan salah satu pigmen aktif di dalam tubuh tumbuhan yang berperan sangat penting dalam berlangsungnya proses fotosintesis perairan (Prezelein, 1998 dalam Paramitha, 2014). Oleh karena itu kandungan klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan tinggi rendahnya produktivitas primer suatu perairan. Pengukuran konsentrasi klorofil-a perairan merupakan salah satu cara menentukan produktivitas primer atau kesuburan suatu perairan (Nybakken, 1992 dalam Marendy dkk., 2015).

Menghitung jumlah pigmen dalam sampel data lapangan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{Chlorophyll } a = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630} \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

$$\text{Chlorophyll } b = 21.03 E_{647} - 5.43 E_{664} - 2.66 E_{630} \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

$$\text{Chlorophyll } c = 24.52 E_{630} - 1.67 E_{664} - 7.60 E_{647} \dots \dots \dots \text{(II.3)}$$

Dimana E singkatan dari absorbansi pada panjang gelombang yang berbeda (dikoreksi oleh pembacaan panjang gelombang 750 nm) dan Ca, Cb, dan Cc adalah jumlah klorofil (µg/ ml jika 1 cm cuvet yang digunakan). Untuk mendapat nilai konsentrasi klorofil-a dihitung menggunakan rumus (APHA 2012) sebagai berikut:

$$\text{Chlorophyll (mg /m}^3\text{)} = \frac{C \times v}{V \times 10} \dots \dots \dots \text{(II.4)}$$

Keterangan :

v = volume aseton dalam ml (15 ml)

V = volume air sampel lapangan (1,5 L)

C = perhitungan nilai absorbansi klorofil

Menurut Hatta (2002) dalam Baktiar (2016), sebaran tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseonografis suatu perairan. Beberapa parameter fisik-kimia yang mengontrol dan mempengaruhi sebaran klorofil-a, adalah intensitas cahaya, nutrien (terutama nitrat, fosfat dan silikat). Hatta (2002) dalam Paramitha (2014) menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a di permukaan perairan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu :konsentrasi klorofil-a rendah ($< 0,07 \text{ mg/m}^3$); sedang ($0,07 - 0,14 \text{ mg/m}^3$); dan tinggi ($> 0,14 \text{ mg/m}^3$).

II.11 Status Trofik Perairan

Eutrofikasi adalah proses pengkayaan perairan, terutama oleh Nitrogen dan Fosfor, tetapi juga elemen lainnya seperti silikom, potssium, calcium dan mangaan yang menyebabkan pertumbuhan air yang dikenal dengan istilah blooming (Welch & Lindell, 1992 dalam Baktiar, 2016).

Status trofik perairan dapat diindikasikan oleh produktivitas primer perairan yang berhubungan sangat erat dengan kandungan klorofil fitoplankton. Semakin tinggi pasokan nutrien ke perairan akan meningkatkan produktivitas primernya. Besarnya produktivitas primer fitoplankton merupakan ukuran kualitas satu perairan. Ketepatan penentuan besarnya kandungan produktivitas primer fitiplankton suatu perairan sangat berguna dalam menentukan tingkat kesuburan dan kelayakan suatu perairan mendukung kehidupan organisme di perairan itu sendiri (Soeprbowati dan Suedy, 2010)

Eutrofikasi diklasifikasikan menjadi empat kategori status trofik (PerMNLH Nomor 28 Tahun 2009), yaitu :

- a. *Oligotrof*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar rendah, status ini menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara N dan P.
- b. *Mesotrof*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar sedang, status ini menunjukkan adanya peningkatan kadar N dan P, namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air.

- c. *Eutrofik*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dalam kadar tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar N dan P.
- d. *Hipereutrofik*, adalah status trofik air danau yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi, status ini menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar N dan P.

Tabel II- 6 Kriteria Status Trofik Danau/Waduk

| Status Trofik | Kadar Rata-rata Klorofil-a (µg/l) | Karakteristik |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| <i>Oligotrof</i> | < 0,95 | Air jernih, Oksigen pada lapisan hipolimnion ada sepanjang. |
| | 0,95 - 2,6 | Lapisan hipolimnion pada danau/waduk dangkal kemungkinan bersifat <i>anoxic</i> (kehabisan oksigen terlarut). |
| <i>Mesosof</i> | 2,6 - 7,3 | Air masih jernih, sifat <i>anoxic</i> pada lapisan hipolimnion berpeluang meningkat sepanjang musim kemarau/panas. |
| <i>Eutrotof</i> | 7,3 - 20 | Pada lapisan hipolimnion waduk ini bersifat <i>anoxic</i> , timbulnya masalah <i>macrophyte</i> (tumbuhnya tanaman air). |
| | 20 - 56 | Jenis Alga blue-green mendominasi perairan ini, timbulnya alga scums dan <i>macrophyte</i> . |
| <i>Hipetrotof</i> | 56 - 155 | Produktifitas perairan menurun karena terbatasnya cahaya matahari masuk, pertumbuhan alga, masih terjadi fenomena <i>macrophyte</i> . |
| | >155 | Timbulnya alga scums dan menurunnya fenomena <i>macrophyte</i> . |

Sumber : Carlson & Simpson,1996

II.12 Koreksi Radiometrik

Setiap pengolahan citra memerlukan koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem opti, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari (Purwadhi, 2001 dalam Kristianingsih, 2016). Koreksi radiometrik terdapat dua tahap yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer. Kalibrasi radiometrik sering digunakan dalam pengolahan sedangkan koreksi atmosfer jarang dilakukan.

II.12.1 Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer adalah proses untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan adanya pengaruh atmosfer pada citra. Pengaruh atmosfer terjadi saat proses perekaman citra di mana gelombang elektromagnetik dari matahari ke permukaan bumi dan dari objek ke sensor mengalami gangguan saat melewati atmosfer, gangguan tersebut dapat berupa hamburan maupun serapan. Hal ini akan berdampak pada data citra yang diperoleh, di mana data yang terekam oleh sensor satelit dengan data pada objek akan berbeda (Kristianingsih, 2016).

Koreksi atmosfer pada penelitian ini menggunakan koreksi atmosfer 6SV (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum-Vector*). Danoedoro (2012) menjelaskan bahwa model koreksi ini telah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Salah satunya model 5S (*Simulation of the Sensor Signal in the Solar Spectrum*) yang dikembangkan oleh Tanre, dkk (1986,1990) dan kemudian Vermote dkk. (1997) memperbaikinya menjadi model 6S (*Second Simulation of the Sensor Signal in the Solar Spectrum*). Model-model ini mampu memformulasikan permukaan non-Lambertian untuk memodelkan sinyal yang diukur oleh Sensor. Model 6S juga melibatkan data untuk perhitungan absorpsi atmosfer menggunakan nilai yang meningkat untuk gas-gas di atmosfer (Tso dan Mather, 2009).

Koreksi atmosfer metode 6S (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*) dilakukan dengan menggunakan *atmospheric code 6S* berbasis *web* yang ada di <http://6s.ltdri.org/> (Vermote dkk., 1997). Koreksi atmosfer ini akan menghasilkan reflektan BoA (*Bottom of Atmosfer*). Reflektan obyek terkoreksi atmosfer $\rho_{BoA}(\lambda)$ untuk panjang gelombang λ Modis dapat dihitung menggunakan algoritma sebagai berikut:

$$y = xa.L\lambda - xb \dots\dots\dots(II.10)$$

$$\rho_{BoA}(\lambda) = \frac{y}{1,0 - x_c \cdot y} \dots\dots\dots (II.11)$$

Keterangan:

Xa, xb, xc = koefisien koreksi atmosfer 6SV

Lλ = radian *Top of Atmosphere*

y = reflektan *Bottom of Atmosphere* (belum terkoreksi atmosfer 6SV)

ρBoA = reflektan *Bottom of Atmosphere* (terkoreksi atmosfer 6SV)

Xa, xb dan xc adalah tiga koefisien dari koreksi atmosfer yang dihitung dengan kode 6S. Konsentrasi *aerosol* ditentukan oleh parameter meteorologi (nilai visibilitas horisontal dalam km) dan dimasukkan langsung ke 6S. Pengukuran visibilitas horisontal diperoleh dari stasiun meteorologi yang terdekat (Oyama dkk., 2008 dalam Kristianingsih, 2016).

II.13 Deliniasi

Deliniasi merupakan suatu bagian dari proses pembuatan peta, yaitu kegiatan yang berhubungan dengan menarik batas antar satuan-satuan peta (Wiradisastra, 1996 dalam Baktiar, 2016). Deliniasi diberikan untuk memberi batasan area pada obyek yang ingin diamati pada citra.

Dalam penelitian ini, deliniasi dilakukan secara visual dan scattergram (Wiradisastra, 1996 dalam Baktiar, 2016) :

1. Metode Visual

Dimana proses deliniasi citra dilakukan dengan mendigitasi langsung citra dengan kombinasi RGB yang sesuai. Metode ini termasuk metode penafsiran citra secara visual yang memiliki arti hubungan interaktif (langsung) dari penafsiran dengan citra, artinya ada proses peruntukan dari penafsiran untuk mengenali obyek hingga proses pendelineasian batas obyek untuk mendefinisikan obyek tersebut. Dapat dikatakan, metode ini mengandalkan kemampuan visual yang baik dan tepat dari penafsiran citra.

2. Scattergram

Scattergram menunjukkan distribusi nilai-nilai spektral citra yang dalam dua *band* spektral pada saat yang sama. Korelasi dinatara nilai-nilai data milik dua *band* yang bersangkutan dinyatakan dalam bentuk grafik. Pada grafik ini, salah satu band akan diposisikan pada sumbu absis sementara

(domain) yang lain akan menempati sumbu ordinat. Kemudian, kedua domain bilangan digital ini akan menempatkan setiap piksel pada grafik dua dimensi.

II.14 Algoritma Konsentrasi *Total Suspended Solid*

Untuk menentukan konsentrasi *Total Suspended Solid* pada citra yang akan digunakan pada daerah yang diteliti maka dilakukan perhitungan konsentrasi TSS dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004). Budhiman (2004) melakukan penelitian terkait muatan padatan tersuspensi di Delta Mahakam, Indonesia dengan judul penelitian *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Water of Mahakam Delta, Indonesia*. Data yang digunakan pada penelitian tersebut adalah Citra Landsat TM, ETM+, SPOT HRV dan ASTER. Salah satu tujuan dari penelitian tersebut adalah membangun model untuk estimasi suspensi dengan salah satu citra yang digunakan adalah Landsat. Penelitian ini memanfaatkan band pada citra Landsat dengan menggunakan pendekatan bio-optical model untuk menganalisis suatu distribusi dari materi yang tersuspensi dengan menggunakan *band* merah. Algoritma yang dihasilkan berdasarkan model dari irradiance reflectance. Adapun algoritma yang dipakai untuk pengolahan konsentrasi TSS adalah sebagai berikut:

- Algoritma Syarif Budhiman (2004)

$$TSS(\text{mg/l}) = 3,3238 * \exp^{(34.099 * \text{red band})} \dots\dots\dots(\text{II.12})$$

Keterangan :

TSS : *Total Suspended Solid*

Red Band : nilai reflektan *band* 4

Pengolahan citra Landsat ini nantinya akan menghasilkan nilai reflektansi pada setiap titik sampelnya untuk perhitungan setiap algoritma. Algoritma dimasukkan pada citra Landsat dan dilakukan pencarian pola kesesuaian dengan menggunakan metode regresi linear sehingga diketahui algoritma mana yang memiliki kesesuaian dengan data validasi lapangan.

II.15 Algoritma Kandungan Klorofil-a

Untuk menentukan konsentrasi Klorofil-a pada citra yang akan digunakan pada daerah yang diteliti maka dilakukan perhitungan konsentrasi klorofil-a dengan

menggunakan algoritma Wibowo dkk. (1994). Penelitian dengan judul *The Application of Satellite Data Improvement Site Selection and Monitoring Shrimp Pond Culture Case Study on Cirebon, Lampung, Jambi, and Jepara Coasts*, dengan rasio *band* kanal 2 dan 3 dari citra Landsat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi klorofil-a di perairan dilakukan oleh Wibowo dkk., (1994). *Band* kanal 2 dan 3 yang digunakan menyesuaikan panjang gelombang Landsat-8 yaitu TM 2 pada Landsat TM sama dengan rasio *band* 3 pada Landsat-8 dan TM 3 sama dengan rasio *band* 4 pada Landsat-8. Adapun algoritma yang dipakai untuk pengolahan konsentrasi klorofil-a adalah sebagai berikut:

- Algoritma Wibowo dkk. (1994)

$$\text{Chl} = 2,41 \times \frac{\text{TM 3}}{\text{TM 2}} + 0,187 \dots\dots\dots(\text{II.13})$$

Keterangan :

Chl : konsentrasi klorofil-a (mg/l)

TM 2 : Kanal 2 Landsat TM

TM3 : Kanal 3 Landsat TM

Pengolahan citra Landsat ini nantinya akan menghasilkan nilai reflektansi pada setiap titik sampelnya untuk perhitungan setiap algoritma. Algoritma dimasukkan pada citra Landsat dan dilakukan pencarian pola kesesuaian dengan menggunakan metode regresi linear sehingga diketahui algoritma mana yang memiliki kesesuaian dengan data validasi lapangan.

II.16 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan analisis ketergantungan dari satu atau lebih variabel bebas terhadap satu variabel terikat, dengan tujuan untuk menduga atau memprediksi nilai rata-rata populasi berdasarkan nilai-nilai variabel bebasnya. Analisis regresi pada hakikatnya dibedakan menjadi dua, yaitu analisis linear dan analisis regresi non linear (Gujarati, 2006). Regresi linear adalah alat statistik yang dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Regresi linear pun membentuk hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat yang bentuk fungsinya linear (Supratno, 2000).

Nawari (2010) mengungkapkan regresi non-linear ialah bentuk hubungan atau fungsi dimana variabel bebas X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi

sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel bebas X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi sebagai penyebut (fungsi pecahan), maupun variabel X dan atau variabel terikat Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen.

Maulana (2015) dalam Kristianingsih (2016) mengatakan bahwa regresi non-linear dibedakan menjadi:

- a. Regresi polinomial ialah regresi dengan sebuah variabel bebas sebagai faktor dengan pangkat terurut. Regresi polinomial dapat menghitung regresinya minimal data yang digunakan sama dengan jumlah parameternya. Bentuk-bentuk fungsinya adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX + cX^2 \text{ (fungsi kuadratik)} \dots\dots\dots(\text{II.14})$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \text{ (fungsi kubik)} \dots\dots\dots(\text{II.15})$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ (fungsi kuartik), dan seterusnya} \dots\dots(\text{II.16})$$

- b. Regresi hiperbola (fungsi resiprokal). Pada regresi hiperbola, di mana variabel bebas X atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai penyebut sehingga regresi ini disebut regresi dengan fungsi pecahan atau fungsi resiprok. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi seperti:

$$1/Y = a + bX \text{ atau} \dots\dots\dots(\text{II.17})$$

$$Y = a + b/X \dots\dots\dots(\text{II.18})$$

- c. Regresi *Power* atau geometrik. Pada regresi ini mempunyai bentuk fungsi yang berbeda dengan fungsi polinomial maupun fungsi eksponensial. Batas minimal data yang digunakan agar dapat menghitung regresinya adalah 2 data, namun regresi ini tidak bisa dihitung jika variabel x dan y nya negatif. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi : $Y = a + b^X \dots\dots\dots(\text{II.19})$

- d. Regresi eksponensial. Regresi eksponensial ialah regresi di mana variabel bebas X berfungsi sebagai pangkat atau eksponen. Batas minimal data yang digunakan agar dapat menghitung regresinya adalah 2 data, namun regresi ini tidak bisa dihitung jika variabel y nya negatif. Bentuk fungsi regresi ini adalah $Y = ae^{bX} \dots\dots\dots(\text{II.20})$

- e. Regresi logaritmik. Bentuk fungsi dari regresi adalah: di mana variabel bebas Y berfungsi sebagai pangkat (eksponen) dan variabel bebas X mempunyai bentuk perpangkatan. Batas minimal data yang digunakan

agar dapat menghitung regresinya adalah 2 data, namun regresi ini tidak bisa dihitung jika variabel x nya negatif. Model regresi ini adalah:

$eY = a + bX$ atau dapat ditulis menjadi:

$$Y = \ln a + b \ln X \text{ (transformasi linear)} \dots \dots \dots \text{(II.21)}$$

- f. Regresi fungsi geometri. Bentuk dari fungsi ini adalah berupa bentuk regresi linear berganda di mana dalam fungsi ini terdapat fungsi trigonometri. Bentuk yang paling sederhana dari fungsi ini adalah

$$Y = a + b \sin dX + c \cos dX \dots \dots \dots \text{(II.22)}$$

Regresi dilakukan untuk mendapatkan model hubungan antara variabel X (nilai klorofil-a atau TSS hasil pengolahan citra) dengan variabel Y (nilai klorofil-a atau TSS *in situ*), dari analisis regresi akan diperoleh model hubungan variabel dan nilai koefisien determinasi (R²). Koefisien determinasi menunjukkan kemampuan variabel X dalam memprediksi atau menjelaskan variabel yang diduga (variabel Y). Nilai koefisien determinasi antara 0 sampai dengan 1, semakin besar nilai koefisien determinasi menandakan bahwa semakin besar kecocokan antara kedua variabel.

II.17 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pengaruh keramba jaring apung terhadap kualitas air membutuhkan beberapa studi literatur yang telah dilakukan terlebih dahulu untuk mendukung penelitian yang dapat dilihat pada Tabel II-6

Tabel II- 7 Ringkasan Penelitian Terdahulu

| No. | Judul | Penulis | Metode | Hasil |
|-----|---|---------------------|--|---|
| 1 | Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung Dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat Dan Fosfat) Dan Klorofil-A Di Perairan Danau Toba | Orba Ginting (2011) | Metode uji normalitas, uji NOVA dengan analisis Regresi Linear dan analisis deskriptif dalam korelasi Keramba Jaring Apung dengan Pengayaan Nutrien dan Klorofil-a | Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa input pakan pada KJA berkorelasi positif dengan konsentrasi PO ₄ ³⁻ . Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa input pakan pada KJA berkorelasi positif dan signifikan |

Tabel II-8 Lanjutan

| No. | Judul | Penulis | Metode | Hasil |
|-----|---|------------------------------------|--|---|
| | | | | pengayaan fosfat (PO_4^{3-}), nitrat (NO_3^-) dan klorofil-a dengan koefisien korelasi masing-masing sebesar 0,894; 0,927; 0,994. |
| 2 | Kajian Pengaruh Keramba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air Waduk Kedung Ombo | Imbar Indrianie Wahyuastari (2011) | Metode analisis untuk penentuan status mutu air dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran. | Kondisi kualitas air di perairan Waduk Kedungombo tahun 1992 sebelum adanya KJA tergolong dalam kondisi baik, sedangkan tahun 2008-2014 setelah adanya KJA tergolong dalam kondisi tercemar ringan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi kualitas air di Waduk Kedungombo mulai mengalami penurunan |
| 3 | Analisis Pengaruh Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) dan Tutupan Lahan Terhadap Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Waduk Jatiluhur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh | Nugra Putra Pembayun (2015) | Algoritma empiris dari regresi nilai reflektansi citra Landsat-7 pada saluran tunggal dan kombinasi dengan hasil kalibrasi <i>in situ</i> parameter kualitas air | Tutupan lahan dan KJA pada tahun 2000-2015 mempengaruhi secara signifikan terhadap kenaikan TSS dengan TSS dipengaruhi peningkatan area pemukiman waduk sebesar 70%, terhadap perubahan KJA sebesar 14%, terhadap luas vegetasi sebesar 11% dan terhadap perubahan sawah sebesar 3%. |
| 4 | Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi TSS | Aditya Hafidh Baktiar (2016) | Algoritma empiris Klorofil-A dan TSS dengan metode regresi linear antara data <i>in situ</i> | Kandungan klorofil-a dan TSS di perairan Banjir Kanal Timur pada rentang waktu 2003-2016 memiliki variasi yang beragam. |

Tabel II-9 Lanjutan

| No. | Judul | Penulis | Metode | Hasil |
|-----|---|----------------------------|---|--|
| 4 | secara Multi Temporal di Muara Banjir Kanal Timur | | dengan data pengolahan Klorofil-A dan TSS citra Landsat | Algoritma terbaik untuk sebaran klorofil-a di perairan Banjir Kanal Timur ialah algoritma Nutria et al (2010) sedangkan untuk konsentrasi TSS menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004). Hasil akhir yaitu peta distribusi perairan Banjir Kanal Timur kesuburan dan pencemaran air di perairan Banjir Kanal Timur. |
| 5 | Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-A Menggunakan Citra Landsat-8 | Lilik Kristianingsi (2016) | Algoritma empiris Klorofil-A dengan metode regresi linear antara data <i>in situ</i> dengan data pengolahan Klorofil-A citra Landsat dan validasi data menggunakan uji-t. | Berdasarkan uji hipotesis diperoleh penggunaan citra reflektan BoA (terkoreksi atmosfer) memiliki hasil model yang lebih baik dari citra reflektan ToA. Dengan algoritma yang paling sesuai untuk perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung adalah algoritma Much Jisin dan Lestari Laksmi (2006). Ditunjukkan dengan peta konsentrasi klorofil-a. |

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi. Penelitian tersebut antara lain penelitian Orba Ginting pada tahun 2011 dengan judul Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung Dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat Dan Fosfat) dan Klorofil-A di Perairan Danau Toba. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa input pakan pada KJA di perairan Danau Toba berkorelasi sangat kuat dan positif dengan pengayaan fosfat

(PO_4^{3-}), nitrat (NO_3^-) dan klorofil-a dengan koefisien korelasi masing-masing sebesar 0,894; 0,927; 0,994. berkorelasi positif terhadap konsentrasi klorofil-a.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Imbar Indriane Wahyuastari pada tahun 2015 dengan judul Kajian Pengaruh Keramba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air Waduk Kedung Ombo. Penelitian dilakukan dengan monitoring langsung ke lapangan dan menggunakan metode indeks pencemaran. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kondisi kualitas air di perairan Waduk Kedungombo tahun 1992 sebelum adanya KJA tergolong dalam kondisi baik, sedangkan tahun 2008-2014 setelah adanya KJA tergolong dalam kondisi tercemar ringan.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Nugra Putra Pembayun tahun 2015 dengan judul Analisis Pengaruh Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) dan Tutupan Lahan Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Waduk Jatiluhur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. Hasil penelitian menghasilkan tutupan lahan dan KJA pada tahun 2000-2015 mempengaruhi secara signifikan terhadap kenaikan TSS, TSS dipengaruhi peningkatan area pemukiman waduk sebesar 70%, terhadap perubahan KJA sebesar 14%, terhadap luas vegetasi sebesar 11% dan terhadap perubahan sawah sebesar 3%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Aditya Hafidh Baktiar tahun 2016 dengan judul Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi TSS secara Multi Temporal di Muara Banjir Kanal Timur. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kandungan klorofil-a dan konsentrasi TSS di perairan Banjir Kanal Timur pada rentang waktu 2003-2016 memiliki variasi yang beragam. Algoritma terbaik untuk sebaran klorofil-a ialah algoritma Nutria et al (2010) sedangkan untuk sebaran TSS ialah algoritma Syarif Budhiman (2004).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Lilik Kristianingsih tahun 2016 dengan judul Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-A Menggunakan Citra Landsat-8. Berdasarkan hasil penelitian menghasilkan penggunaan citra reflektan BoA (terkoreksi atmosfer) memiliki hasil model yang lebih baik dari citra reflektan ToA dan Algoritma yang paling sesuai untuk perhitungan klorofil-a di perairan Kecamatan Wedung adalah algoritma Much Jisin dan Lestari Laksmi (2006).

DAFTAR PUSTAKA

- A. Wibowo, B. Sumartono, W. H. Setyantini, J. Populus, 1994. The Application of Satellite Data Improvement Site Selection and Monitoring Shrimp Pond Culture Case Study on Cirebon, Lampung, Jambi, and Jepara Coasts.
- Aditya Hafidh Baktiar, 2016. Analisis Kesuburan dan Pencemaran Air Berdasarkan Kandungan Klorofil-A dan Konsentrasi Total Suspended Solid Secara Multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Amallia Ashuri, Priana Sudjono, 2010. Simulasi Komputer Pengaruh Relokasi Keramba Jaring Apung Terhadap Kandungan Nitrat di dalam Air Waduk Jatiluhur. Institut Teknologi Bandung.
- Amanda Paramitha, 2014. Studi Klorofil-A di Kawasan Perairan Belawan Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Anang Yunianto, Sapto P. Putro, Nanik Heru S., 2012. Keanekaragaman Jenis Ikan Tangkap di Sekitar Keramba Daerah Ngasinan Waduk Kedung Ombo Jawa Tengah. Universitas Diponegoro, Semarang..
- Anugerah Nontji, 1984. Biomassa dan Produktivitas Fitoplankton di Perairan Teluk Jakarta Serta Kaitannya dengan Faktor-Faktor Lingkungan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2012. Program Operasi dan Pemeliharaan Bendungan Kedung Ombo. Semarang.
- Butler, 2013. Combination for Landsat 8.
- Damodar Gujarati, 2006. Dasar-dasar Ekonometrika. Erlangga, Jakarta.
- Dinarjati Eka Puspitasari, 2009. Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Lingkungan dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Direktoral Jenderal Perikanan Tangkap, 1987. Statistik Perikanan Indonesia.
- Emmy Dhartyati, Agus Djoko Utomo, Susilo Adjie, Asyari Danu Wijaya, Gatot Subroto, Dwi Ismeywati, Elva Dwi HArmilia, Rasyid Ridho, Dinar Putranto, Sukimin, 2009. Bio-Ekologi dan Potensi Sumber Daya Perikanan

- di Waduk Kedungombo dan Gajah Mungkur di Jawa Tengah. Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Palembang.
- Erma Suryani Sahabuddin, 2012. Cemaran Air dan Tercapainya Lingkungan Sumber Daya Alam yang Berkelanjutan. Universitas Negeri Makassar, Makassar.
- Franky Marendy, Hartoni, Isnaini, 2015. Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat Pada Musim Timur di Perairan Sekitar Muara Sungai Lumpur Kabupaten Oki Provinsi Sumatera Selatan. Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Imbar Indriani Wahyuastari, Fatchan Nurrochmad, Rachmad Jayadi, 2015. Kajian Pengaruh Keramba Jring Apung Terhadap Kualitas Air Waduk Kedungombo. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- J. Supratno, 2000. Statistika: Teori dan Aplikasi.
- Lancar L, Krake K, 2002. Aquatic Weeds and Their Management. International Commission on Irrigation and Drainage.
- Lilik Kristianingsih, 2016. Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-A Menggunakan Citra Landsat 8. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Lillesand, Ralph W. Kiefer, 1994. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Lukman, Sutrisno, Agus Hamdani, 2014. Fluktuasi Oksigen Terlarut di Kawasan Keramba Jaring Apung di Danau Maninjau dan Hubungannya dengan Ketersediaan Klorofil dan Bahan Organik. Pusat Penelitian Limnologi.
- Melina Setya Ayuningsih, Ign. Boedi Hendarto, Pujiono Wahyu Purnomo, 2014. Distribusi Kelimpahan Fitoplankton dan Klorofil-A di Teluk Sekumbu Kabupaten Jepara: Hubungannya dengan Kandungan Nitrat dan Fosfat di Perairan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mindo Tua Siagian, 2013. Model Pengelolaan Keramba Jaring Apung (KJA) Masyarakat Berkelanjutan di Danau Toba. Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nawari, 2010. Analisis Regresi dengan Ms. Excel 2007 dan SPSS 17. PT.Elex Media Komputindo, Jakarta.

- Nugra Putra Pembayun, 2015. Analisis Pengaruh Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) dan Tutupan Lahan Terhadap Total Suspended Solid (TSS) di Perairan Waduk Jatiluhur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Odum E.P., 1971. *Fundamental of Ecology*. WB Saunders Co. Ltd.
- Orba Ginting, 2011. Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat Dan Fosfat) dan Klorofil-A di Perairan Danau Toba. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sugiyono, 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh II*. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh I*. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Syarif Budhiman, 2004. *Mapping TSM Cocentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahaka Delta, Indonesia*.
- Taufiq Hidayah, Moh. Rasyid Ridho, Suheryanto, 2014. *Struktur Komunitas Fitoplankton di Waduk Kedungombo Jawa Tengah*. Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Tri Retnaningsih Soeprobowati, Sri Widodo Agung Suedy, 2010. *Status Trofik Danau Rawa Pening dan Solusi Pengelolaannya*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yoto Widodo, Chafid Fandeli, M. Baiquni, Janianton Damanik, 2011. *Dampak Pariwisata Waduk Kedung Ombo (WKO) Terhadap Kesejahteraan Masyarakat Lokal*. Widyatama, Yogyakarta.

Pustaka dari peraturan Keputusan Mentari Lingkungan Hidup

- Kementrian Lingkungan Hidup, 2006. *Himpunan Perundang-undangan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta.
- Peraturan Daerah Provisi Jawa Tengah , 2012. Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air. Semarang.
- Peraturan Menteri lingkungan Hidup, 2009. Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Dan/Atau Waduk.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2001. Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.

Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2003. *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*. Jakarta.

Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Nomor 5 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.

Pustaka dari Internet

Butler, 2013. Combination for Landsat 8.

<https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-Landsat-8/>. Diakses pada 17 April 2018.

Landsat USGS. <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>. Diakses pada tanggal 7 April 2018.