

ANALISIS PERUBAHAN KUALITAS PERAIRAN DANAU RAWA PENING PERIODE 2013, 2015 DAN 2017 DENGAN MENGGUNAKAN DATA CITRA LANDSAT 8 MULTITEMPORAL

Dewinta Heriza, Abdi Sukmono, Nurhadi Bashit^{*)}

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : dewintaheriza@gmail.com

ABSTRAK

Danau Rawa Pening adalah danau yang terletak di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah yang di kelilingi oleh Kecamatan Ambarawa, Bawen, Tuntang dan Banyubiru. Salah satu faktor penyebab permasalahan pada danau Rawa Pening adalah tingkat kualitas perairan sehingga menyebabkan pendangkalan, penyusutan luas, persebaran vegetasi air (eceng gondok) serta tekanan sedimentasi. Parameter fisik yang digunakan untuk menilai kualitas air adalah dengan menggunakan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), luas sebaran vegetasi air dan kecerahan. Penelitian ini menggunakan algoritma terpilih yang didapatkan dari uji regresi pendugaan algoritma dengan data validasi lapangan. Pendugaan algoritma menggunakan algoritma dari Syarif Budhiman, Parwati, dan Nurahida Laila, sedangkan pendugaan tingkat kecerahan dilakukan dengan menggunakan algoritma Doxaran. Analisis klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing secara multitemporal. Algoritma TSS terpilih yang diperoleh dari hasil pengujian algoritma adalah algoritma Parwati dimana memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,825 dengan koefisien determinasi sebesar 68%. Kualitas perairan danau Rawa Pening mengalami perubahan pada tingkat TSS, kecerahan dan luas sebaran vegetasi air. Persentase kualitas fisik perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013 pada kondisi tercemar berat sebesar 1,2 %, pada tahun 2015 sebesar 0% dan pada tahun 2017 sebesar 0,1 %. Status trofik danau Rawa Pening termasuk dalam golongan rusak hipertrofik. Persentase kecerahan pada danau Rawa Pening pada kondisi hipertrofik dengan transparansi 0-0,5 m pada tahun 2013 adalah sebesar 35,3%, tahun 2015 sebesar 0,07% dan pada tahun 2017 sebesar 46,56%. Kualitas perairan danau Rawa Pening berdasarkan luas sebaran vegetasi air mengalami kenaikan dikarenakan penurunan jumlah kenaikan persentase vegetasi air sebesar 31,28% dari persentase vegetasi air pada tahun 2013 sebesar 51,6%.

Kata Kunci : Danau Rawa Pening, Kecerahan, *Total Suspended Solid*, Vegetasi air

ABSTRACT

Rawa Pening Lake is a lake located in Semarang regency, Central Java surrounded by Ambarawa, Bawen, Tuntang and Banyubiru Districts. One of the factors causing problems in Rawa Pening lake is water quality level causing siltation, wide shrinkage, water vegetation spread (water hyacinth) and sedimentation pressure. Physical parameters used to assess the quality of water is to use the concentration of Total Suspended Solid (TSS), the extent of the spread of water vegetation and water brightness. This research uses the selected algorithm obtained from regression test of algorithm estimation with field validation data. Estimation of algorithm using algorithm from Syarif Budhiman, Parwati, and Nurahida Laili, while the prediction of brightness level is done by using Doxaran algorithm. The analysis of land cover classification is done by using multitemporal guided classification method. Selected TSS algorithm obtained from algorithm test result is Parwati algorithm which has correlation coefficient value of 0.825 with determination coefficient of 68%. The quality of the waters of Rawa Pening lake has changed at TSS level, brightness and wide distribution of water vegetation. The percentage of physical quality of the waters of Rawa Pening in 2013 in the condition of heavy polluted by 1.2% in 2015 by 0% and in the year 2017 of 0.1%. Trophic status of Rawa Pening lake is included in hypertrophic fault class. The percentage of brightness in Rawa Pening in hypertrophic conditions with transparency 0-5 m in 2013 was 35.3%, by 2015 by 0.07% and by 2017 by 46.56%. The quality of the Rawa Pening waters watershed based on the widespread distribution of water vegetation increased due to the decrease in the percentage of water vegetation percentage increase by 31.28% of the percentage of water vegetation in 2013 by 51.6%

Keywords: *Brightness, Rawa Pening Lake, Total Suspended Solid, Water Vegetation*

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Danau Rawa Pening memiliki peran penting sebagai sumber air bagi banyak keperluan. Masyarakat sekitar danau Rawa Pening memanfaatkan keberadaan danau untuk memenuhi kebutuhan pangan dan sumber penghasilan keluarga, diantaranya usaha perikanan, penambang gambut, peramu eceng gondok dan pertanian. Pemanfaatan langsung lainnya adalah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) serta untuk Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) (Mochammad Nadjib, 2015). Perhatian khusus sangat diperlukan oleh danau Rawa Pening, melihat betapa penting dan vitalnya peran danau Rawa Pening terhadap kehidupan masyarakat, seperti permasalahan kualitas perairan.

Salah satu faktor penyebab permasalahan pada danau Rawa Pening adalah tingkat kualitas perairan sehingga menyebabkan pendangkalan, penyusutan luas, persebaran tanaman gulma (eceng gondok) serta tekanan sedimentasi. Berdasarkan penelitian Goltenboth dan Timotius diketahui bahwa volume air danau Rawa Pening dalam kurun 22 tahun (tahun 1976–1998) mengalami penurunan 29,34%. Degradasi kualitas air, sedimentasi yang cukup tinggi dan *blooming* eceng gondok mengakibatkan proses pendangkalan danau yang dipercepat. Jika kondisi tidak berubah, maka diprediksi pada tahun 2021 danau Rawa Pening akan menjadi daratan (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000). Secara ekologis, danau Rawa Pening telah banyak mengalami perubahan, yang diindikasikan oleh tidak terkontrolnya pertumbuhan gulma air yang umumnya berkaitan dengan proses eutrofikasi. Kurang lebih 20–30% danau tertutup oleh *Eicchornia crassipes* (eceng gondok), 10% oleh gulma air berupa *Hydrilla verticillata* dan *Salvinia cucullata* (Goltenboth dan Timotius, 1994). Tutupan vegetasi air pada permukaan danau oleh tumbuhan air tersebut mengalami kenaikan persentase, bahkan pada musim kemarau dapat mencapai 70%. Pertumbuhan yang tidak terkontrol ini menyebabkan penutupan permukaan perairan, terakumulasinya seresah/busukan eceng gondok di dasar perairan dan terperangkapnya sedimen di akar tanaman sehingga mempercepat pendangkalan danau.

Terlepas dari semua permasalahan yang terjadi pada danau Rawa Pening, pemantauan kondisi danau Rawa Pening dapat dilakukan dengan metode penginderaan jauh. Pemantauan kondisi danau Rawa Pening dilakukan untuk melihat tingkat kualitas perairan yang akan dilakukan secara periodik. Parameter yang digunakan untuk menilai kualitas air menggunakan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), luas permukaan air danau, dan tingkat kecerahan perairan.

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana sebaran vegetasi air berdasarkan luas permukaan air danau, konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013,2015, dan 2017?
2. Bagaimana kualitas perairan danau Rawa Pening dengan analisis status trofik kesuburan berdasarkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan?
3. Bagaimana perubahan kualitas perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013, 2015 dan 2017 ?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memetakan persebaran vegetasi air, konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013,2015, dan 2017.
2. Mengetahui kualitas perairan danau Rawa Pening dengan analisis status trofik kesuburan berdasarkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan.
3. Mengetahui perubahan kualitas perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013, 2015, dan 2017.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Aspek keilmuan
Memberikan kontribusi bagi ilmu penginderaan jauh, khususnya penggunaan dan pengolahan citra satelit landsat 8 sebagai alat untuk memantau perubahan kualitas perairan.
2. Aspek Rekayasa
Hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk mengetahui kualitas perairan danau Rawa Pening, sehingga dapat membantu proses gerakan penyelamatan danau Rawa Pening.

I.4. Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS akuisisi tahun 2013,2015 dan 2017.
2. Algoritma *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan hasil validasi antara hasil pengukuran insitu dengan data citra penginderaan jauh.
3. Pemetaan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan danau Rawa Pening pada tahun 2013-2017.
4. Mengetahui kualitas air danau Rawa Pening dengan analisis status trofik kesuburan berdasarkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan tingkat kecerahan perairan.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Daerah yang menjadi objek penelitian adalah danau Rawa Pening yang terletak pada Kabupaten Semarang, Jawa Tengah.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid adalah materi padat seperti pasir, lumpur tanah maupun logam berat, bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme yang tersuspensi didaerah perairan. TSS merupakan salah satu parameter biofisik perairan yang dinamikanya mencerminkan dinamika perubahan yang terjadi di daratan dan perairan (Parwati,2008). TSS berhubungan erat dengan erosi tanah dari saluran sungai. Nilai konsentrasi TSS sangat bervariasi, mulai kurang dari 5 mg/L⁻¹ dan paling ekstrem mencapai 30.000 mgL⁻¹ di beberapa sungai.

Estimasi nilai TSS diperoleh dengan cara menghitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total menggunakan persamaan :

$$TSS (mg/L) = (A-B) \times 1000 / V \dots\dots\dots (II.1)$$

Keterangan :

- A = berat kertas saring + residu kering (mg)
- B = berat kertas saring (mg)
- V = volume contoh (mL)

II.2. Algoritma Perhitungan Total Suspended Solid

A. Algoritma Syarif Budhiman (2004)

Algoritma ini dikembangkan di wilayah perairan di Delta Mahakam dengan metode yang dikembangkan berdasarkan *bio optical modelling* untuk menganalisis suatu distribusi dan materi yang tersuspensi melalui teknologi penginderaan jauh.

$$TSS(mg/L) = ((8.1429 * (\exp(23.704 * 0.94 * Red\ band)))) \dots\dots II.2$$

Red band = reflektansi *band 4*

B. Algoritma Parwati (2014)

Algoritma yang merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ety Parwati (LAPAN) dalam rangka melakukan upaya pengoptimalisasian pengawasan kualitas lingkungan perairan pantai akibat limbah industri dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh

$$TSS(mg/L) = 3.3238 * EXP(34.099 * B4) \dots\dots\dots (II.3)$$

B4 = reflektansi *band 4*

C. Algoritma Nurahida Laili (2015)

Pada perhitungan nilai TSS yang ketiga akan digunakan algoritma dari penelitian Nurahida Laili (2015). Penjabaran rumus algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$TSS(mg/L) = 31.42 * ((\log(B2) / (\log(B4))) - 12.719) \dots\dots\dots (II.4)$$

Dimana :

- B2 = reflektansi *band 2*
- B4 = reflektansi *band 4*

II.3. Status Trofik Perairan

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009, kondisi kualitas air danau dan/atau waduk diklasifikasikan berdasarkan eutrofikasi yang disebabkan adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur Fosfor (P) dan Nitrogen (N). Pada umumnya rata-rata tumbuhan air mengandung nitrogen dan fosfor masing-masing 0,7% dan 0,09% dari berat basah.

Tabel.1. Kategori Status Trofik Danau (KLH, 2009)

Status Trofik	Kadar Rata-rata Total-N (µg/l)	Kadar Rata-rata Total-P (µg/l)	Kadar Rata-rata Klorofil-a (µg/l)	Kecerahan Rata-rata (m)
Oligotrof	≤ 650	< 10	< 2.0	≥ 10
Mesotrof	≤ 750	< 30	< 5.0	≥ 4
Eutrof	≤ 1900	< 100	< 15	≥ 2.5
Hipereutrof	> 1900	≥ 100	≥ 200	< 2.5

Sumber: KLH 2009, Modifikasi OECD 1982, MAB 1989, UNEP-ILEC, 2001

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.

II.4 Kecerahan

Kecerahan perairan bergantung pada zat-zat tersuspensi didalamnya baik organik maupun anorganik. Kecerahan atau transparansi perairan ditentukan secara visual dengan menggunakan cakram yang disebut *secchi disk* berdiameter 30 cm yang pertama kali dikembangkan oleh Profesor Secchi sekitar abad 19. Pada penggunaan *secchi disk*, kekeruhan perairan dikuantitatifkan dalam suatu nilai yang dikenal dengan kedalaman *secchi disk* (Effendi, 2003). Nilai kecerahan yang dinyatakan dengan satuan meter ini sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi serta ketelitian orang yang melakukan pengukuran. Kekeruhan menggambarkan suatu sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik baik tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus, bahan anorganik, dan bahan organik seperti plankton dan mikroorganisme lainnya (Effendi, 2003). Kekeruhan yang tinggi atau kecerahan yang rendah dapat menghambat penetrasi cahaya kedalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Tingkat kecerahan perairan dapat menunjukkan

sampai sejauh mana penetrasi cahaya matahari menembus kolom perairan. Algoritma kecerahan dalam penelitian ini adalah :

Algoritma Doxaran

$$\text{Keccerahan} = 375.71 * \exp(-0.123 * X) 100 \dots \dots \dots (II.5)$$

Dimana, X merupakan hasil dari pengolahan algoritma *Total Suspended Solid*

II.5 Tutupan Vegetasi Air (Eceng Gondok)

Eceng gondok diketahui mempunyai kemampuan menyesuaikan diri dengan sangat baik sehingga dapat tumbuh dengan cepat pada keadaan kurang subur serta dapat memanfaatkan pula kesuburan yang tinggi. Eceng gondok juga memiliki masa yang besar, tumbuh mengapung diatas permukaan air sehingga mudah dipanen dibandingkan tanaman air lainnya. Eceng gondok merupakan tanaman pengganggu yang sulit diberantas. Tumbuhan ini hampir hidup di semua perairan daerah tropis maupun subtropis, selama ini banyak kerugian yang dapat disebabkan eceng gondok, antara lain mengganggu irigasi dan pembangkit listrik tenaga air serta bidang perikanan (Sutikno 1997 dalam Fahmi 2009). Eceng gondok memiliki kemampuan tinggi dalam menetralkan senyawa-senyawa toksik dalam perairan diantaranya seyawa fenol sebesar 160 kg/ha selama 72 jam, fosfat 157 kg/ha, nitrat 693 kg/ha dan ammonium sebanyak 50 mg/liter selama kurang lebih 15 hari. Selain itu, akar tanaman ini menghasilkan zat *alleopathy* yang mengandung zat antibiotika dan juga mampu membunuh bakteri coli. Eceng gondok mempunyai kemampuan menyerap logam berat.

II.6 Klasifikasi Supervised

Klasifikasi *Supervised* atau klasifikasi terselia adalah klasifikasi yang menggunakan *input* berupa contoh objek oleh operator citra, contoh objek ini yang disebut sampel dan lokasi geografis kelompok piksel sampel ini disebut sebagai *training area*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode maximum likelihood. Metode ini mengasumsikan bahwa statistik untuk setiap kelas dalam setiap band biasanya didistribusikan dan menghitung probabilitas bahwa suatu piksel diberikan milik kelas tertentu, kecuali ambang probabilitas dipilih semua piksel akan diklasifikasikan (Danoedoro,2012).

II.7 Analisis Regresi Linier

Analisis regresi linier adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen dengan satu variabel dependen yang digunakan untuk memprediksi atau meramalkan suatu nilai variabel dependen berdasarkan variabel dependen (Priyatno, 2012). Regresi bertujuan untuk menguji pengaruh antara variabel satu dengan variabel lainnya. Analisis terhadap data pada persamaan regresi diperlukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dan ketelitian variabel bebas terhadap variabel terikat untuk menaksir suatu variabel tidak bebas dari variabel-

variabel bebas berdasarkan hubungan yang digambarkan dengan persamaan regresi.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 1.

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

1. Peralatan Penelitian
Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga komponen yaitu :

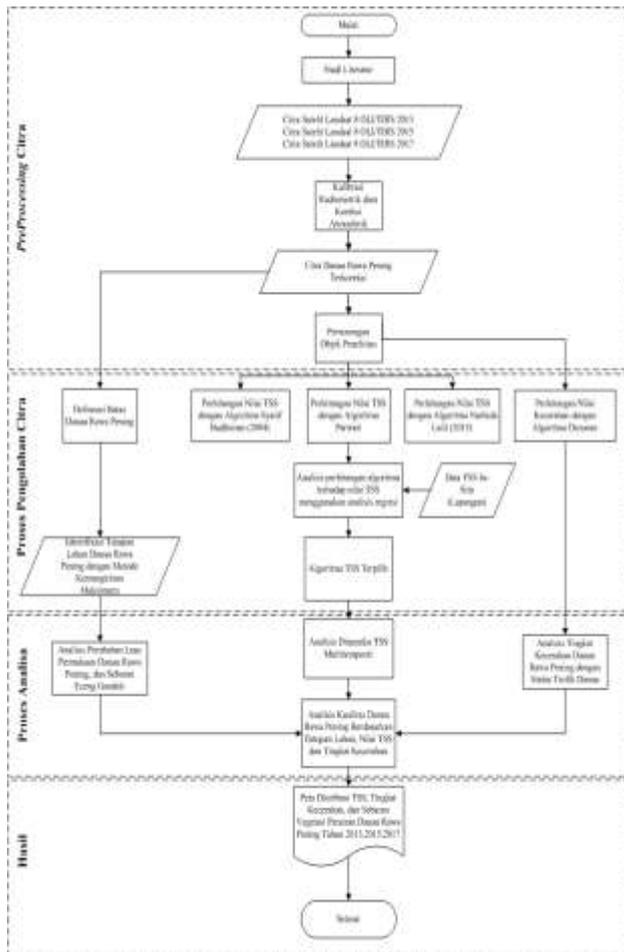
- A. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1) Laptop *Asus A450C (Intel Core i5 Processor 1.80 GHz, RAM 4GB, OS windows 10)*
 - 2) Printer Canon Pixma E400
- B. Perangkat Lunak (*Software*)
 - 1) Sistem Operasi *Windows 8 Ultimate*
 - 2) *Microsoft Office Word 2013*
 - 3) *Microsoft Office Excel 2013*
 - 4) *Microsoft Office Visio 2013*
 - 5) *Software ArcGIS*
 - 6) *Software ENVI*
 - 7) *IBM SPSS Statistics 23*
- C. Peralatan Pengukuran Lapangan
 - 1) Botol, sebagai tempat penyimpanan sampel air waduk
 - 2) Gps *handheld* : *Garmin 60csx* untuk pengambilan posisi validasi
 - 3) Perahu motor
 - 4) Kamera

2. Data penelitian
Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- 1) Citra landsat 8 OLI/TIRS pada tahun 2013, 2015 dan 2017.
- 2) *Shapefile* Batas Administrasi Kabupaten Semarang
- 3) *Shapefile* sungai Kabupaten Semarang
- 4) *Shapefile* danau Kabupaten Semarang
- 5) Data nilai TSS dan posisi pengambilan sampel di lapangan untuk validasi.
- 6) Data nilai kecerahan

Tabel.2. Data Penelitian

No	Tanggal Akuisisi	Perolehan Citra	Data In-situ	Keterangan
1	2013-10-14	USGS Glovis	-	Landsat 8
2	2015-11-21	USGS Glovis	-	Landsat 8
3	2017-05-02	USGS Glovis	Ada	Landsat 8
4	2017-10-25	USGS Glovis	-	Landsat 8



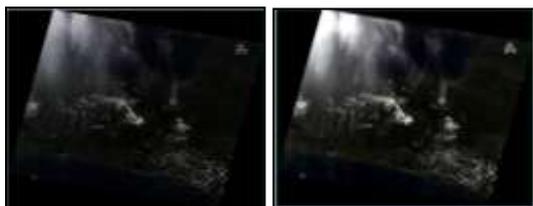
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data.
2. Koreksi Citra
 - A. Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah koreksi matahari dan koreksi sudut dengan menggunakan koreksi TOA (*Top Of Atmosfer*). Citra landsat 8 pada dasarnya masih memiliki nilai dalam bentuk *digital number* yang mana pada proses kalibrasi radiometrik ini nilai *digital number* pada piksel dapat diubah dalam bentuk radian atau reflektan yang akan digunakan untuk mereduksi kesalahan-kesalahan pada citra.



Gambar 2. Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Proses Kalibrasi Radiometrik

B. Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer dilakukan karena hasil dari kalibrasi radiometrik belum cukup untuk mengoreksi

perbedaan yang terjadi karena perbedaan sensor dan perbedaan kondisi atmosfer. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi atmosfer untuk mengurangi kesalahan-kesalahan akibat dari perbedaan sensor dan kondisi atmosfer. Tampilan hasil koreksi Atmosfer dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Proses Koreksi Atmosfer

3. Pengolahan Citra

A. Pembuatan Model Sebaran *Total Suspended Solid*

Pembuatan model sebaran *Total Suspended Solid* ini menggunakan data citra landsat 8 pada tanggal 2 mei 2017. Pendugaan model ini dapat dilakukan dengan melihat nilai pantulan (reflektansi) cahaya tampak dari badan air sesuai pada *band-band* citra satelit landsat 8. Pendugaan model pada penelitian ini dapat digunakan dengan menggunakan formula dari beberapa algoritma-algoritma *Total Suspended Solid*.

Tabel.3. Nilai Reflektansi citra 2 mei 2017

Nama Titik	Insitu (mg/L)	Syarif (mg/L)	Parwati (mg/L)	Laili (mg/L)
R1	9,6	13,84	7,48	12,55
R2	5,6	13,44	7,41	12,57
R4	1,2	10,88	5,18	12,04
R5	0,8	10,34	4,79	11,76
R6	4,4	9,31	4,08	11,41
R7	5,2	11,95	5,98	12,25
R8	0,8	9,31	4,08	11,47
R9	4	10,76	5,09	11,92
R10	1,6	8,51	3,59	11,26
R11	1,2	8,59	3,61	11,09
R12	1,2	8,27	3,40	10,85
R14	0,8	9,31	4,08	11,42
R15	1,2	8,36	3,46	10,93
R16	0,8	8,14	3,32	10,76
R18	2	8,67	3,66	10,11
R19	1,2	9,45	4,18	11,25
R20	0,8	8,14	3,32	10,73
R21	1,2	8,14	3,32	10,87
R22	0,8	8,14	3,32	10,37
R23	2,4	8,14	3,32	10,42

Data insitu dalam penelitian ini adalah data validasi lapangan yang diambil sesuai dengan tanggal orbit citra. Masing-masing algoritma dimasukkan kedalam citra, selanjutnya dilihat besar nilai koefisien determinasi (R^2) dan dicari pola kesesuaian dengan menggunakan analisis regresi sehingga diketahui pola yang sesuai dengan validasi saat dilapangan. Nilai dugaan reflektansi didapatkan dari masing-masing algoritma *Total Suspended Solid*, kemudian dilakukan proses analisis regresi.

Proses analisis regresi dalam penelitian ini menggunakan *software* IBM SPSS Statistic 23.

B. Tingkat Kecerahan

Kecerahan merupakan salah satu parameter dalam pengujian kualitas perairan. Penelitian ini menggunakan algoritma Doxaran untuk menentukan tingkat kecerahan di danau Rawa Pening. Proses deteksi nilai kecerahan dapat dilakukan dengan menggunakan nilai *Total Suspended Solid* yang dimasukkan kedalam persamaan II.5

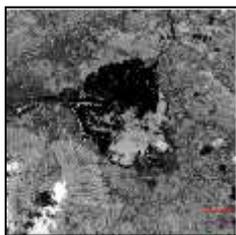
C. Pemetaan Luas Danau dan Sebaran vegetasi Air

Pemetaan luas danau dan vegetasi pada danau Rawa Pening dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi *supervised maximum likelihood*. Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua kelas, yaitu kelas perairan dan kelas vegetasi air (eceng gondok). Identifikasi vegetasi air menggunakan komposit RGB *false color* (R= NIR+SWIR, G=NIR, B=NIR-Red), dimana komposit *false color* ini menghasilkan warna putih dan tebal untuk mencerminkan kondisi dari vegetasi air, sehingga dapat membedakan secara tegas dari vegetasi disekitarnya, selanjutnya dilakukan proses delineasi danau. Perhitungan penyempitan atau perluasan permukaan air danau dan sebaran vegetasi air dilakukan dengan menghitung persentase tutupan per-tahun. Persentase tutupan lahan dapat dihitung persamaan dibawah ini :

$$S = (((A2-A1))/A1)/(n2-n1) \times 100\% \dots\dots\dots(III.1)$$

Dimana :

- S =Rata-rata penyempitan (-) atau perluasan (+)
- A1 =Luas tahun awal
- A2 =Luas tahun akhir
- n1 =Tahun awal
- n2 =Tahun akhir



Gambar 4. Komposit False color

IV. Hasil dan Analisis

IV.1. Hasil dan Analisis Koreksi Radiometrik

Hasil dari koreksi atmosfer pada penelitian menggunakan metode FLAASH dengan menggunakan beberapa parameter yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya menghasilkan penampakan citra yang lebih jelas dan terang. Nilai pada citra juga sudah berbentuk reflektan dimana mampu menginterpretasikan nilai spektral dengan cukup jelas.

Tabel.4.Hasil statistik citra terkoreksi radiometrik 2013

Statistik	Band2	Band3	Band4	Band5
Min	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Max	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Mean	0,037308	0,048131	0,049974	0,145590
Stdev	0,104383	0,103125	0,104327	0,168294

Tabel.5.Hasil statistik citra terkoreksi radiometrik 2015

Statistik	Band2	Band3	Band4	Band5
Min	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Max	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Mean	0,034207	0,044862	0,046288	0,130742
Stdev	0,056601	0,059656	0,064266	0,139858

Tabel.6.Hasil statistik citra terkoreksi radiometrik 2017

Statistik	Band2	Band3	Band4	Band5
Min	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Max	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Mean	0,086287	0,091941	0,086855	0,186356
Stdev	0,177644	0,172042	0,170950	0,200083

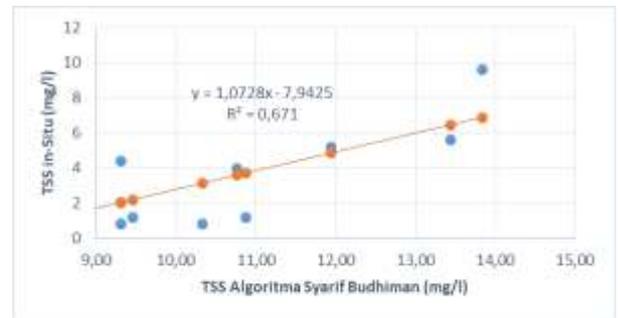
IV.2 Hasil dan Analisis Penentuan Algoritma Total Suspended Solid Terbaik

A. Hasil dari algoritma Syarif (2004), didapatkan dari hasil analisis regresi yang dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Model Summary Algoritma Syarif Budhiman (2004)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,819	0,671	0,653	1,36022

Nilai R pada tabel atas didapatkan 0,819 artinya korelasi antara variabel algoritma Syarif dengan in-situ sebesar 0,819. Hal ini berarti terjadi hubungan yang sangat kuat karena mendekati nilai 1. Nilai R² pada tabel diatas sebesar 0,671, maka persentase pengaruh variabel Syarif terhadap insitu sebesar 67,1 %.



Gambar 5. Grafik Regresi Linear antara TSS Algoritma Syarif dan TSS Insitu

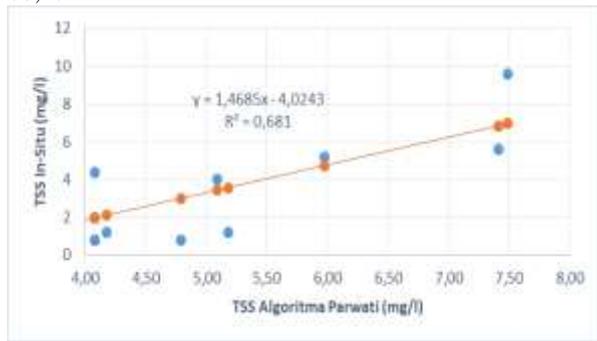
B. Hasil analisis dari algoritma Parwati (2014), didapatkan dari regresi linear yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Model Summary Algoritma Parwati (2014)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,825	0,681	0,664	1,33834

Nilai R pada tabel atas didapatkan 0,825 artinya korelasi antara variabel algoritma Parwati dengan in-situ sebesar 0,825. Hal ini berarti terjadi hubungan yang sangat kuat karena mendekati nilai 1. Nilai R² pada tabel diatas sebesar 0,681, maka persentase

pengaruh variabel Parwati terhadap Insitu sebesar 68,1%.



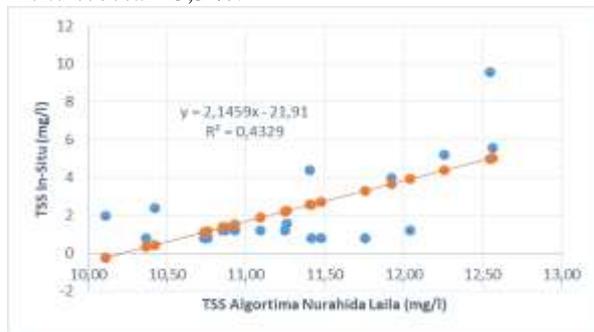
Gambar 6. Grafik Regresi Linear antara TSS Algoritma Parwati dan TSS Insitu

C. Hasil analisis dari algoritma Nurahida Laili (2015), didapatkan dari regresi linear yang dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9. Model Summary Algoritma Nurahida Laili (2014)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,658	0,433	0,402	1,78504

Nilai R pada tabel atas didapatkan 0,658 artinya korelasi antara variabel algoritma Laili dengan in-situ sebesar 0,658. Hal ini berarti terjadi hubungan yang kuat. Nilai R² pada tabel diatas sebesar 0,433, maka persentase pengaruh variabel algoritma Laili terhadap Insitu sebesar 43,3 %.

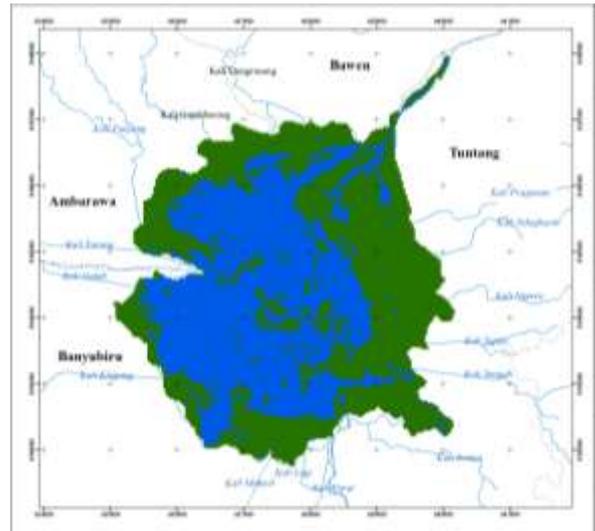


Gambar 7. Grafik Regresi Linear antara TSS Algoritma Laili dan TSS Insitu

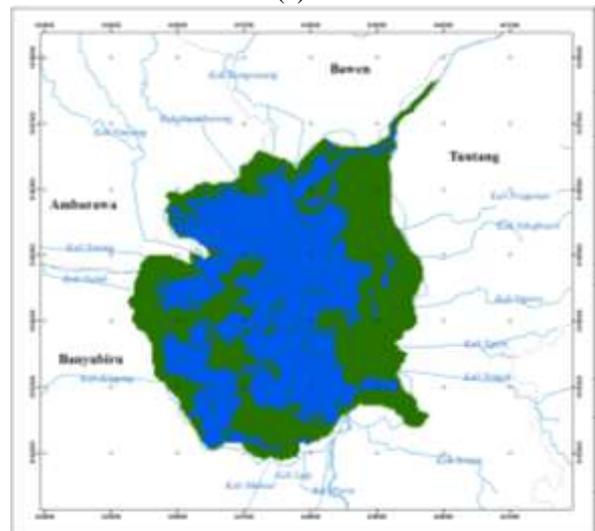
IV.3 Hasil dan Analisis Kualitas Perairan Danau Rawa Pening

A. Pemetaan jenis permukaan air danau dan vegetasi air

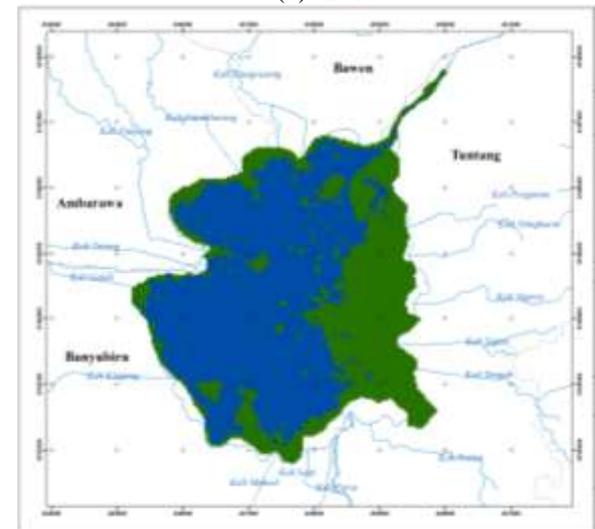
Klasifikasi tutupan lahan berdasarkan interpretasi visual terhadap data landsat 8 tahun 2013, 2015 dan 2017 di danau Rawa Pening yang terdiri dari badan air dan vegetasi air. Proses klasifikasi *supervised* menggunakan metode klasifikasi *maximum likelihood*.



(a) 2013



(b) 2015



(c) 2017

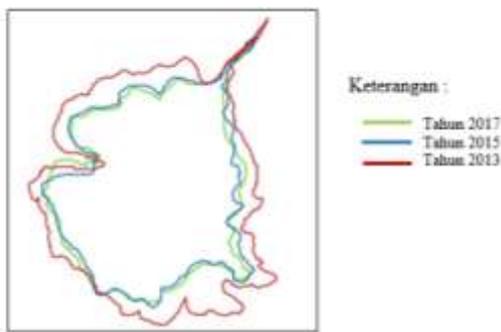
Gambar 8. Peta Tutupan Lahan

keterangan :

- Badan Air
- Vegetasi/Air
- sungai
- - - batas kecamatan

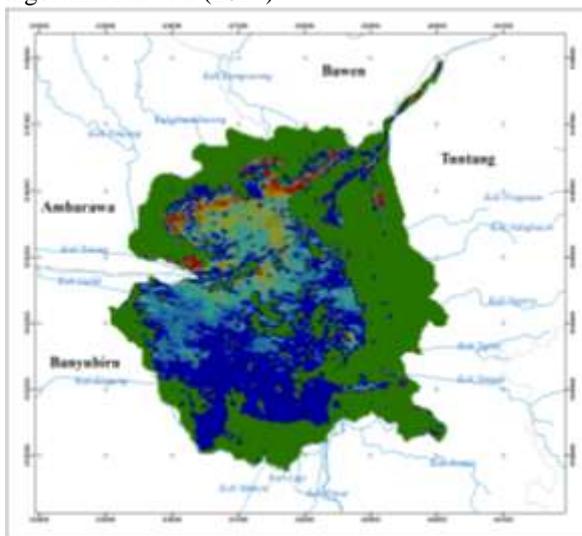


Gambar 9. Luas Tutupan Lahan Danau Rawa Pening
Tahun 2017 danau Rawa Pening mengalami penyempitan sebesar 8,3 %, perubahan penyempitan permukaan air danau ini termasuk perubahan yang drastis. Penurunan luas permukaan danau Rawa Pening terlihat signifikan dari tahun 2013 dan 2015.



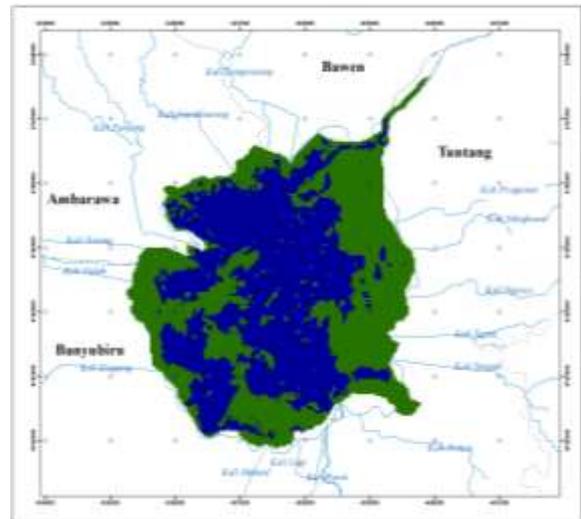
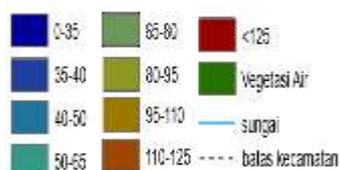
Gambar 10. Perubahan Luas permukaan air Danau Rawa Pening

B. Sebaran *Total Suspended Solid* Multitemporal
Berdasarkan hasil perhitungan uji regresi algoritma terpilih untuk TSS di danau Rawa Pening algoritma Parwati (2014).

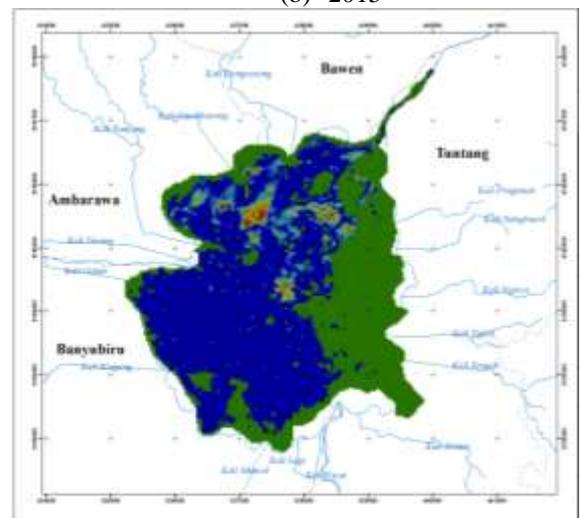


(a) 2013

Keterangan :



(b) 2015



(c) 2017

Gambar 11. Peta *Total Suspended Solid* Danau Rawa Pening

Tabel 10. Hasil Luasan sebaran TSS tahun 2013

NO	Kelas TSS (mg/L)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-35	472,3526	25,6
2	35-40	53,07685	2,9
3	40-50	112,7061	6,1
4	50-65	109,2266	5,9
5	65-80	63,81989	3,5
6	80-95	32,16601	1,7
7	95-110	17,26889	0,9
8	110-125	9,811081	0,5
9	>125	22,21718	1,2
Jumlah Total TSS		892,6452	48,3
Kelas Vegetasi Air		954,1514	51,7
Jumlah		1846,797	100

Pada tahun 2013 terlihat dari hasil tabel bahwa luas danau Rawa Pening adalah 1846,797 ha. Berdasarkan luasan tersebut, terdapat nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* sebesar 48,3% dengan luas 892,6462 ha. Nilai konsentrasi dengan rentang paling tinggi yaitu >125 mg/L adalah sebesar 1,2% dan

rentang paling rendah 1-35 mg/L adalah sebesar 25,6%.

Tabel 11. Hasil Luasan sebaran TSS tahun 2015

NO	Kelas TSS (mg/L)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-35	785,6341	51,044
2	35-40	0,017969	0,001
3	40-50	0	0
4	50-65	0	0
5	65-80	0	0
6	80-95	0	0
7	95-110	0	0
8	110-125	0	0
9	>125	0	0
Jumlah Total TSS		785,6521	51,05
Kelas Vegetasi Air		753,48184	48,95
Jumlah		1539,13394	100

Pada tahun 2015, hasil sebaran nilai *Total Suspended Solid* mengalami penurunan dari tahun 2013. Kelas tertinggi pada tahun 2015 hanya berada pada rentang 35-40 mg/L dengan persentase sebesar 0,001 % dan kelas terendah berada pada rentang 0-35 mg/L dengan persentase sebesar 51,04%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya penurunan yang sangat signifikan dibandingkan pada tahun 2013 yang memiliki nilai TSS di setiap kelasnya.

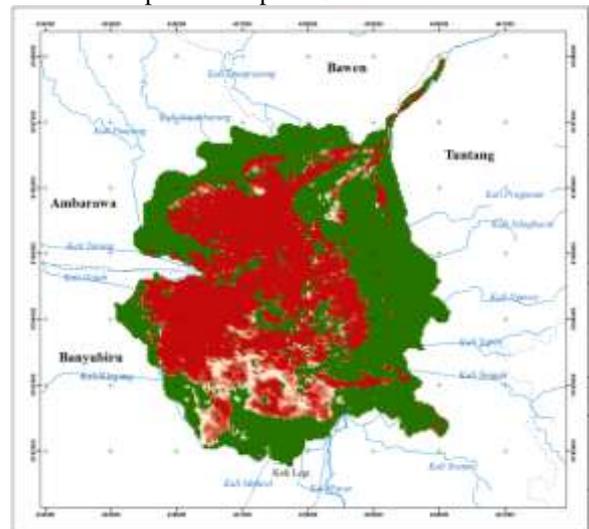
Tabel 11. Hasil Luasan Sebaran TSS Tahun 2017

NO	Kelas TSS (mg/L)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-35	801,6537	52,4
2	35-40	29,25313	1,9
3	40-50	37,8609	2,5
4	50-65	28,60433	1,9
5	65-80	17,36381	1,1
6	80-95	11,17415	0,7
7	95-110	9,258815	0,6
8	110-125	4,361509	0,3
9	>125	2,028894	0,1
Jumlah Total TSS		941,5593	61,5
Kelas Vegetasi Air		588,6434	38,5
Jumlah		1530,2027	100

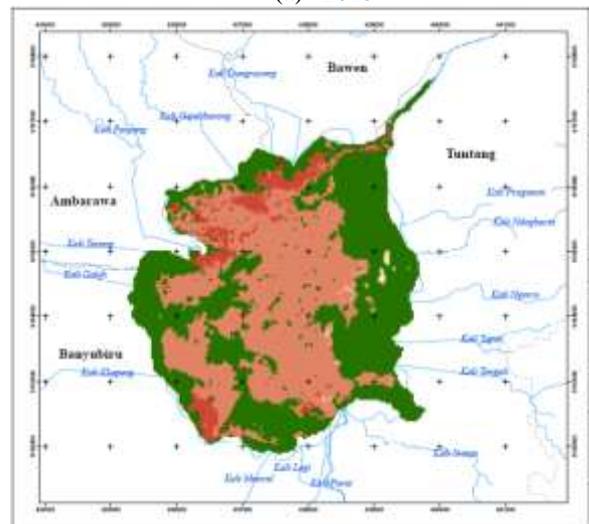
Pada tahun 2017 nilai dari konsentrasi TSS mengalami peningkatan dari tahun 2015, kelas tertinggi pada tahun ini berada pada rentang >125 mg/L dengan persentase sebesar 0,1 % dan kelas dengan rentang terendah 0-35 mg/L sebesar 52,4%. Hasil dari tahun 2017 menunjukkan bahwa konsentrasi nilai TSS memiliki nilai pada setiap rentangnya berbeda dengan tahun 2015 yang memiliki rentang hanya pada rentang 0-40 mg/L. Jika, dilihat secara kuantitas perbedaan nilai TSS memang berubah pada tahun 2013, 2015 dan 2017, namun secara kualitas dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai TSS dari 2013 ke 2017 sangat berbeda. Tahun 2017 merupakan tahun yang terkena dampak dari la-nina pada tahun 2016 sehingga menyebabkan nilai dari *Total Suspended Solid* akan meningkat oleh faktor hujan yang tinggi.

C. Kecerahan

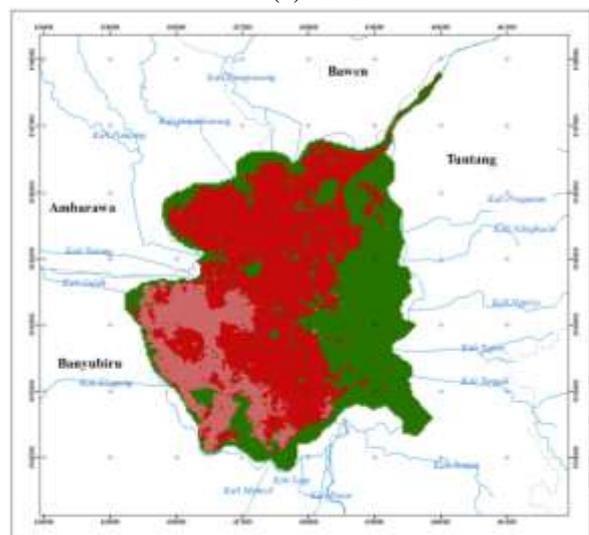
Hasil terapan algoritma Doxaran untuk tingkat kecerahan dapat dilihat pada Gambar 12.



(a) 2013



(b) 2015



(c) 2017

Gambar 12. Peta Kecerahan Danau Rawa Pening

Keterangan :



Gambar 12 merupakan hasil dari pembagian kelas pada kecerahan dengan tingkat kecerahan dibagi menjadi 5 kelas. Walaupun kelas dari tingkat kecerahan sudah tergolong *hypereutrof*, pembagian kelas ini dilakukan untuk mengelompokkan tingkat dari kerusakan danau Rawa Pening.

Tabel 12. Hasil luas kecerahan tahun 2013

NO	Kelas Kecerahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-0,5 m	650,49702	35,3
2	0,5-1 m	88,61157	4,8
3	1-1,5 m	58,29494	3,2
4	1,5-2 m	49,10814	2,7
5	2-2,5 m	46,44646	2,5
Jumlah Total kecerahan		892,95814	48,4
Kelas Vegetasi Air		950,37638	51,6
Jumlah		1843,33452	100

Tabel 13. Hasil luas kecerahan tahun 2015

NO	Kelas Kecerahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-0,5 m	1,075702917	0,07
2	0,5-1 m	100,8597079	6,57
3	1-1,5 m	673,6806624	43,86
4	1,5-2 m	8,042611892	0,52
5	2-2,5 m	2,006420831	0,13
Jumlah Total kecerahan		785,6651	51,15
Kelas Vegetasi Air		750,3986	48,85
Jumlah		1536,06368	100

Tabel 14. Hasil luas kecerahan tahun 2017

NO	Kelas Kecerahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0-0,5 m	711,8386	46,56
2	0,5-1 m	229,6674	15,02
3	1-1,5 m	0	0
4	1,5-2 m	0	0
5	2-2,5 m	0	0
Jumlah Total kecerahan		941,50597	61,58
Kelas Vegetasi Air		587,35611	38,42
Jumlah		1528,86208	100

Penurunan tingkat kecerahan ini dapat dikaitkan dengan tingkat padatan tersuspensi atau nilai dari konsentrasi TSS, konsentrasi TSS pada tahun 2013, 2015 dan 2017 mengalami penurunan nilai sehingga menyebabkan tingkat kecerahan juga berubah. Persentase kenaikan tingkat kecerahan ini disebabkan oleh menurunnya tingkat konsentrasi TSS pada danau Rawa Pening, dan berkurangnya tutupan tumbuhan air (eceng gondok) pada danau Rawa Pening.

D. Analisis Status Trofik Danau Rawa Pening

Status trofik merupakan parameter dari KLH untuk melihat bagaimana keadaan dari suatu danau. Berdasarkan hasil penelitian, danau Rawa Pening berada pada status trofik *hypereutrof*. Status trofik dengan *hypereutrof* termasuk dalam parameter rusak. Status mutu air tergolong tercemar berat dan mengakibatkan hilangnya jenis fauna dan flora endemik asli. Tutupan tumbuhan air menyebar dan tidak terkendali sehingga sangat mengganggu fungsi danau, serta terjadinya *blooming* di beberapa area danau terutama dibagian yang mengandung unsur fosfor, klorofil dan total nutrien yang tinggi. Hal ini dapat diamati dari hasil penelitian dimana tingkat kecerahan semakin tahun mengalami penurunan kecerahan dibawah 2,5 m serta terjadinya sedimentasi di beberapa titik di area danau terutama hilir-hilir sungai danau Rawa Pening.

Terlepas dari kondisi danau rawa pening, pemerintah kabupaten semarang mulai beroperasi untuk mengembalikan Beberapa program pokok pemerintah yang terdapat dalam Germadan, KLH (2011) dalam menangani danau Rawa Pening adalah sebagai berikut :

1. Penanganan Eceng gondok
2. Penanggulangan Lahan Kritis, Erosi, Banjir dan Sedimentasi.
3. Penurunan Kandungan Nutrien Perairan Danau Rawa Pening
4. Kajian Limnologi Danau Saat ini dan Rekonstruksi Kualitas Air di Masa Lalu
5. Implementasi Pertanian Ramah Lingkungan
6. Peningkatan Keterlibatan dan Kepedulian Masyarakat dalam Pengelolaan dan Konservasi Danau Rawa Pening

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sebaran vegetasi air berdasarkan luas permukaan air danau mengalami penurunan. Pada tahun 2013 persentase sebaran vegetasi air sebesar 51,7%, pada tahun 2015 sebesar 48,95%, dan pada tahun 2017 sebaran vegetasi air mengalami penurunan dengan jumlah persentase sebesar 38,5%. Hasil dari konsentrasi nilai *Total Suspended Solid* pada tahun 2013 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi dengan rentang paling tinggi yaitu >125 mg/L adalah sebesar 1,2 % dan rentang paling rendah 1-35 mg/L adalah sebesar 25,6 %. Kelas tertinggi pada tahun 2015 hanya berada pada rentang 35-40 mg/L dengan persentase sebesar 0,001 % dan kelas terendah berada pada rentang 0-35 mg/L dengan persentase sebesar 51,04%. Pada tahun 2017 nilai dari konsentrasi TSS mengalami peningkatan dari tahun 2015, kelas tertinggi

- pada tahun ini berada pada rentang >125 mg/L dengan persentase sebesar 0,1 % dan kelas dengan rentang terendah 0-35 mg/L sebesar 52,4%. Kecerahan dengan rentang yang rendah pada tahun 2013 memiliki rentang 0-0,5 m dengan persentase 35,3%, pada tahun 2015 sebesar 0,07%, dan pada tahun 2017 sebesar 46,56%.
2. Hasil pengolahan data dan analisis menunjukkan bahwa status trofik perairan danau Rawa Pening berada dalam kondisi rusak (hipertropik). Pola kecerahan perairan pada danau Rawa Pening memiliki hubungan korelasi negatif terhadap nilai *Total Suspended Solid*. Kecerahan perairan yang cukup tinggi terdapat pada bagian atas perairan danau dengan konsentrasi rendah sedangkan kecerahan perairan rendah terdapat hampir diseluruh danau Rawa Pening khususnya bagian timur dan tengah danau yang memiliki nilai TSS yang tinggi. Kecerahan danau Rawa Pening yang hanya memiliki rentang <2,5 termasuk dalam kondisi *hypereutrof*, maka dapat disimpulkan bahwa danau Rawa Pening berada dalam status trofik rusak dengan status baku mutu air tercemar berat dengan kadar N dan P yang tinggi.
 3. Perubahan kualitas perairan danau rawa pening mengalami perubahan yang jelas pada tingkat TSS, kecerahan dan luas sebaran vegetasi air. Persentase kualitas fisik perairan danau rawa pening pada tahun 2013 pada kondisi tercemar berat sebesar 1,2 % pada tahun 2015 sebesar 0% dan pada tahun 2017 sebesar 0,1 % hal ini menunjukkan bahwa kualitas perairan danau rawa pening mengalami kenaikan fisik pada tahun 2015 dan mengalami penurunan pada 2017. Persentase kecerahan pada danau rawa pening pada kondisi hipertrofik dengan transparansi paling rendah pada tahun 2013 adalah sebesar 35,3%, tahun 2015 sebesar 0,07% dan pada tahun 2017 sebesar 46,56%, sehingga kualitas perairan danau rawa pening dapat dikatakan menurun, sedangkan kualitas perairan danau rawa pening berdasarkan luas sebaran vegetasi air mengalami kenaikan dikarenakan penurunan jumlah kenaikan persentase vegetasi air sebesar 31,28% dari persentase vegetasi air pada tahun 2013 sebesar 51,6%
 3. Menggunakan citra pada dua musim, yaitu di musim kemarau dan penghujan agar analisis semakin akurat
 4. Penambahan parameter-parameter kualitas air seperti sedimen tersuspensi, klorofil-a dan lain-lain yang telah terbukti memiliki hubungan dengan citra penginderaan jauh.
 5. Melakukan validasi tutupan lahan secara langsung, jika tidak memungkinkan maka proses delineasi bisa menggunakan citra bulan sebelumnya untuk melihat dan membandingkan garis batas danau lebih jelas

DAFTAR PUSTAKA

Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Jakarta : C.V ANDI OFFSET

Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelola Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta.

Goltenboth, F. 1979. *Preliminary final report. The Rawapening Project*. Satya Wacana Christian University, Salatiga.

Goltenboth, F. dan K.H. Timotius. 1994. *Danau Rawapening di Jawa Tengah, Indonesia*. Satya Wacana University Press, Salatiga

KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2009. *Kesepakatan Bali Pengelolaan danau berkelanjutan*. Kementerian Lingkungan Hidup.

Mochammad Nadjib, A. H. (2015). *Mengurai Benang Kusut Danau Rawapening*

Nurandani, P. 2013. *Pemetaan Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Danau Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah*. Jurnal Geodesi Vol. 2, No. 4. Semarang. Universitas Diponegoro.

Nuriya, H., Hidayah,Z., Syah,A.F. 2010. *Analisis Parameter Fisika Kimia di Perairan Sumenep Bagian Timur dengan Menggunakan Citra Landsat TM 5*. Jurnal Kelautan Vol. 3, No. 2. Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo.

Priyatno, D. 2012. *Belajar cepat olah data statistik dengan spss*. Andi. Jakarta

Simbolon, F., Surbakti, H., dan Hartoni. 2015. *Analisis Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh di Perairan Muara Sungai Banyuasin*. Jurnal. Universitas Sriwijaya.

V.2 Saran

1. Pada penelitian berikutnya hendaknya data citra yang digunakan memiliki resolusi yang lebih tinggi, sehingga memudahkan dalam menginterpretasikan citra.
2. Menambahkan data tambahan lain seperti data curah hujan, tata guna lahan dan kelerengan untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai konsentrasi TSS.