

**PEMETAAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) MENGGUNAKAN
CITRA SATELIT MULTI TEMPORAL DI DANAU RAWA PENING
PROVINSI JAWA TENGAH**

Pinastika Nurandani ¹⁾, Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si ²⁾, Bandi Sasmito, S.T., M.T ³⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Dosen Pembimbing I, ³⁾ Dosen Pembimbing II

ABSTRACT

Rawa Pening is a natural lake located in Central Java that vital existence. Quality and quantity of water are mayor concern. One of water quality parameter is Total Suspended Solid (TSS). TSS are solid materials, including organic and anorganic, that are suspended in the water. High concentration of TSS can reduce the penetration of sunlight into water bodies, increase water turbidity, and can settle at any time, causing silting.

Distribution of TSS cab be identified using satellite remote sensing imagery. Metode used is development of modelling algorithms using regression equation of the relationship between the insitu value and reflectance of Landsat-7 ETM+ image at 2013. This research aims to determine the suitable empirical algorithm to estimate the concentration of TSS and mapping the distribution of TSS in Rawa Pening at 2002, 2007, and 2013.

The research result shows that ratio between blue band and green band of Landsat-7 ETM+ using logarithmic regression are the most suitable algorithm for estimating TSS concentration in Rawa Pening. The equation are $TSS=368,7\ln(x)+31,52$. Water Quality in Rawa Pening has decrease at 2007 compared to 2002, and increase at 2013.

Keywords: *Total Suspended Solid (TSS), remote sensing, Landsat-7ETM+, empirical algorithm, insitu, reflectance*

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Rawa Pening merupakan danau alam yang terletak di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, kurang lebih 40 km kearah selatan Kota Semarang. Danau di ketinggian sekitar 478mdpl dengan luas sekitar 2.670 Ha dengan 4 kecamatan yang mengelinginya menjadikan Rawa Pening sangat vital keberadaanya. Sektor pertanian, perikanan, pariwisata dan sumber energi listrik tergantung sepenuhnya terhadap potensi air dari Rawa Pening. Pentingnya potensi air yang mampu menopang berbagai kebutuhan menjadikan perhatian sendiri untuk kualitas dan kuantitas air di Rawa Pening.

Danau Rawa Pening merupakan salah satu danau yang ditetapkan sebagai danau prioritas 2010-2014 berdasarkan parahnya tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia II (KNDI II) di Semarang, 13-14 Oktober 2011. Permasalahan saat ini yang berkaitan dengan perairan di Rawa Pening adalah kualitas air dan gulma perairan. Gulma perairan terutama Eceng Gondok yang berkembang biaknya tidak terkendali menutupi permukaan danau, menyebabkan laju penguapan 7 kali lebih cepat dan menghambat penetrasi cahaya ke perairan. Kualitas fisik air juga harus diperhatikan sebab akan mempengaruhi organisme yang hidup didalamnya.

TSS adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1 \mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori $0,45 \mu\text{m}$. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi dalam Lestari, 2009:4).

Berdasarkan faktor tersebut, diperlukan adanya usaha untuk memantau persebaran TSS di Danau Rawa Pening mengingat pentingnya potensi air yang menopang berbagai kebutuhan. Salah satu pemantauan yang dapat dilakukan adalah menggunakan data satelit penginderaan jauh. Penggunaan data satelit penginderaan jauh mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya : cakupan wilayah yang luas, perulangannya yang tinggi, dan kemudahan dalam analisis spasial.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat ditarik beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana algoritma empiris yang sesuai untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening?
- b. Bagaimana informasi spasial sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013?
- c. Bagaimana pola perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013?

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui algoritma empiris yang sesuai untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening.
- b. Memetakan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) perairan Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013.
- c. Mengetahui pola perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013.

I.1. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

- a. Memberikan luaran berupa peta persebaran *Total Suspended Solid* di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013.
- b. Menambah wawasan mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk memperoleh informasi spasial mengenai sebaran *Total Suspended Solid*.
- c. Sebagai bahan masukan kepada pemerintah setempat dan pihak-pihak terkait dalam pengelolaan dan pelestarian Danau Rawa Pening.

I.4. Batasan Masalah

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

- a. Algoritma empiris yang sesuai untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening.
- b. Informasi spasial dan pola perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013.
- c. Analisis mengenai faktor penyebab perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening.

II. METODOLOGI PENELITIAN

II.1. Alat dan Data

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

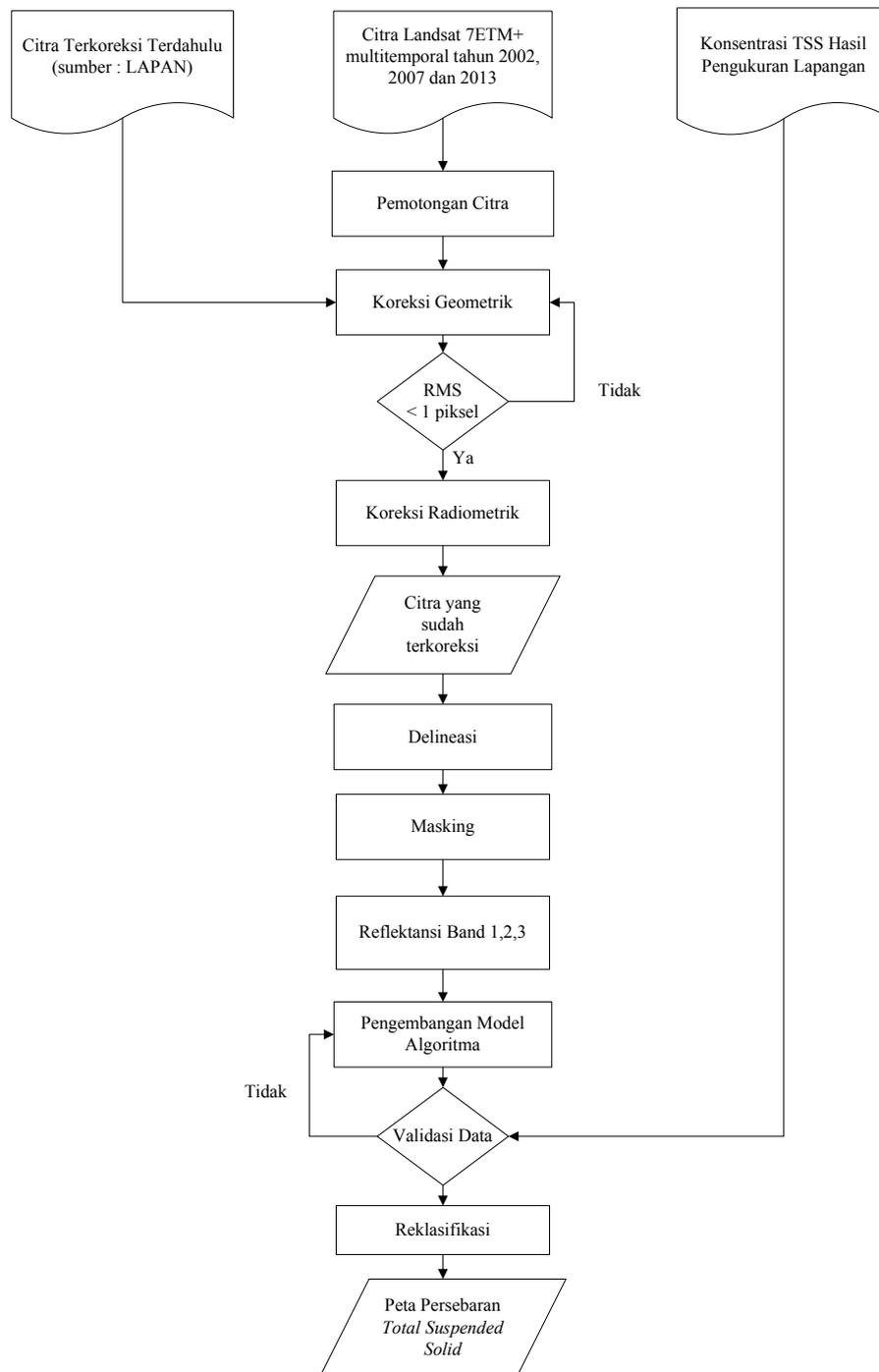
- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1) Laptop Compaq Intel® Core™2 Duo CPU T7100 @ 1.80GHz 789MHz, 1.49 GB of RAM
 - 2) Printer A4 HP 1050
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - 1) 1 unit software IDL 7.0
 - 2) 1 unit software ER Mapper 7.0
 - 3) 1 unit software IBM Statistic 19
 - 4) 1 unit software ArcGIS 9
- c. Peralatan Pengukuran Lapangan
 - 1) Botol tempat air sampel
 - 2) GPS Handheld : GARMIN GPSmap 76CS x
 - 3) Perahu motor
 - 4) Kamera, digunakan untuk dokumentasi kegiatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Citra Landsat-TM tanggal 13 September 1996 (Sumber : LAPAN)
- b. Citra Landsat-7 ETM+ tanggal 1 Mei 2002 (Sumber : <http://glovis.usgs.gov>)
- c. Citra Landsat-7 ETM+ tanggal 16 Juni 2007 (Sumber : <http://glovis.usgs.gov>)
- d. Citra Landsat-7 ETM+ tanggal 13 April 2013 (Sumber : <http://glovis.usgs.gov>)

II.2. Diagram Alir Pengolahan Data

Diagram Alir Pengolahan Data dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Diagram Alir Pengolahan Data

II.3. Metode Pengolahan Data

1. Gap Filling

Tujuan dari *gap filling* citra adalah untuk mengisi baris-baris yang kosong pada citra Landsat-7 ETM+ yang mengalami *SLC-off*. *Gap Filling* dilakukan pada citra dengan akuisisi tahun 2007 dan 2013 menggunakan *Software IDL 7.0*.

2. Koreksi Geometrik

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

3. Koreksi Radiometrik

Tujuan dari koreksi radiometrik adalah mengubah nilai digital pada citra menjadi nilai reflektan. Koreksi radiometrik memberi kisaran range nilai yang lebih banyak variasinya dan perubahan warna pada citra.

4. Delineasi

Delineasi dilakukan untuk memberi batasan area pada objek yang ingin diamati pada citra. Dalam penelitian ini, delineasi dilakukan untuk mengambil area danau agar mudah dalam melakukan pengolahan lebih lanjut. Delineasi dilakukan secara visual dan menggunakan *scattergram*.

5. *Masking Area*

Dalam penelitian ini, *masking area* dilakukan untuk memisahkan area air dengan vegetasi air (eceng gondok). Hasil dari *masking area* adalah area vegetasi air (eceng gondok) nilainya menjadi nol (0), sedangkan area danau, nilai reflektansi citranya tidak berubah.

6. Algoritma Pendugaan

Algoritma diperoleh melalui persamaan regresi hasil hubungan antara nilai TSS insitu dengan nilai reflektansi citra. Data yang digunakan adalah nilai reflektansi citra Landsat-7 ETM+ tanggal 13 April 2013 dengan nilai insitu di hari yang sama.

II.4. Pengolahan Data Insitu

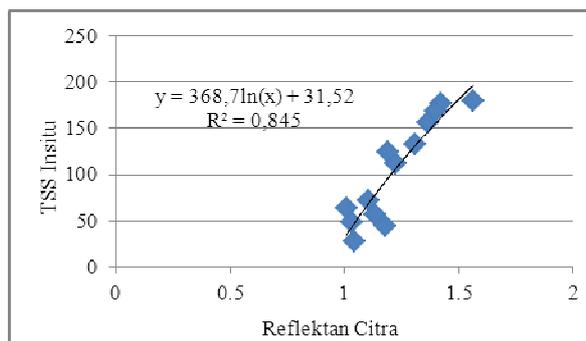
Data insitu diperoleh dengan melakukan pengambilan sampel air danau. Sampel diambil secara acak pada area danau, meliputi area tepi hingga tengah danau. Air danau yang dijadikan sampel adalah air yang berada pada permukaan danau (<50cm). Air diambil dan disimpan pada botol. Dalam waktu yang bersamaan dengan pengambilan sampel air, dilakukan juga pengambilan data koordinat titik sampel menggunakan *GPS Handheld*. Pengolahan data insitu dilakukan oleh Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Dari total 25 sampel hanya didapatkan 13 titik untuk pengolahan hingga mendapatkan nilai konsentrasi TSS. Metode yang digunakan dalam pengolahan data insitu adalah metode Gravimetri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan beberapa persamaan regresi yang didapat, diperoleh persamaan terbaik untuk memetakan dan menganalisis sebaran TSS di Danau Rawa Pening dengan nilai R^2 mendekati 1 dan *RMS Error* mendekati nol (0), yaitu persamaan logaritmik rasio antar band 1 (biru) dengan band 2 (hijau) dengan persamaan :

$$TSS = 368,7\ln(x)+31,52$$

Dengan x adalah nilai reflektan dari citra. Persamaan tersebut menghasilkan nilai R^2 sebesar 0.845 dan *RMS error* sebesar 0.053. Adapun grafik hubungan antara nilai rasio antar band 1 (biru) dengan band 2 (hijau) dengan nilai konsentrasi TSS insitu ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pemodelan Algoritma untuk Pendugaan TSS

Selanjutnya algoritma ini digunakan sebagai input untuk pemetaan sebaran TSS di Danau Rawa Pening.

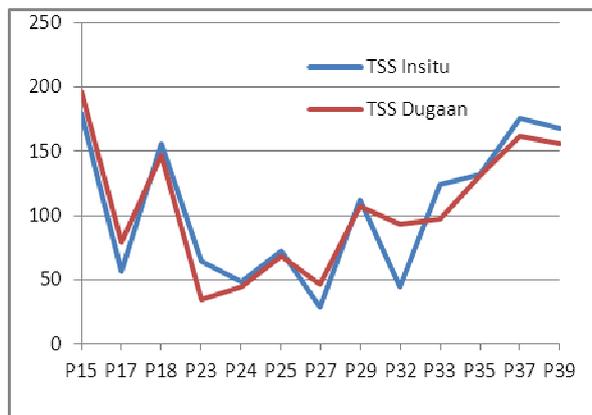
Dari proses *input* algoritma tersebut, diperoleh nilai konsentrasi TSS di titik pengambilan data insitu pada citra satelit Landsat-7 ETM+ akuisisi 13 April 2013 adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Nilai konsentrasi TSS insitu dengan TSS Dugaan

Nama Titik	Koordinat		Nilai Konsentrasi TSS		ΔP
	E	N	insitu	Citra tahun 2013	
P15	437.547	9.195.643	180	196.338	-16.338
P17	437.274	9.195.783	56	78.824	-22.824
P18	437.547	9.195.951	156	146.92	9.08
P23	437.225	9.196.767	64	34.613	29.387
P24	437.103	9.196.699	48	43.927	4.073
P25	436.935	9.196.455	72	68.621	3.379
P27	435.072	9.195.344	28	46.71	-18.71
P29	439.728	9.194.101	112	106.577	5.423
P32	439.642	9.193.165	44	92.845	-48.845
P33	439.554	9.193.210	124	96.839	27.161
P35	439.404	9.193.160	132	130.641	1.359
P37	438.832	9.192.778	176	161.605	14.395
P39	438.701	9.192.774	168	155.356	12.644

Keterangan : Proyeksi UTM, Datum WGS 84, Zona 49S

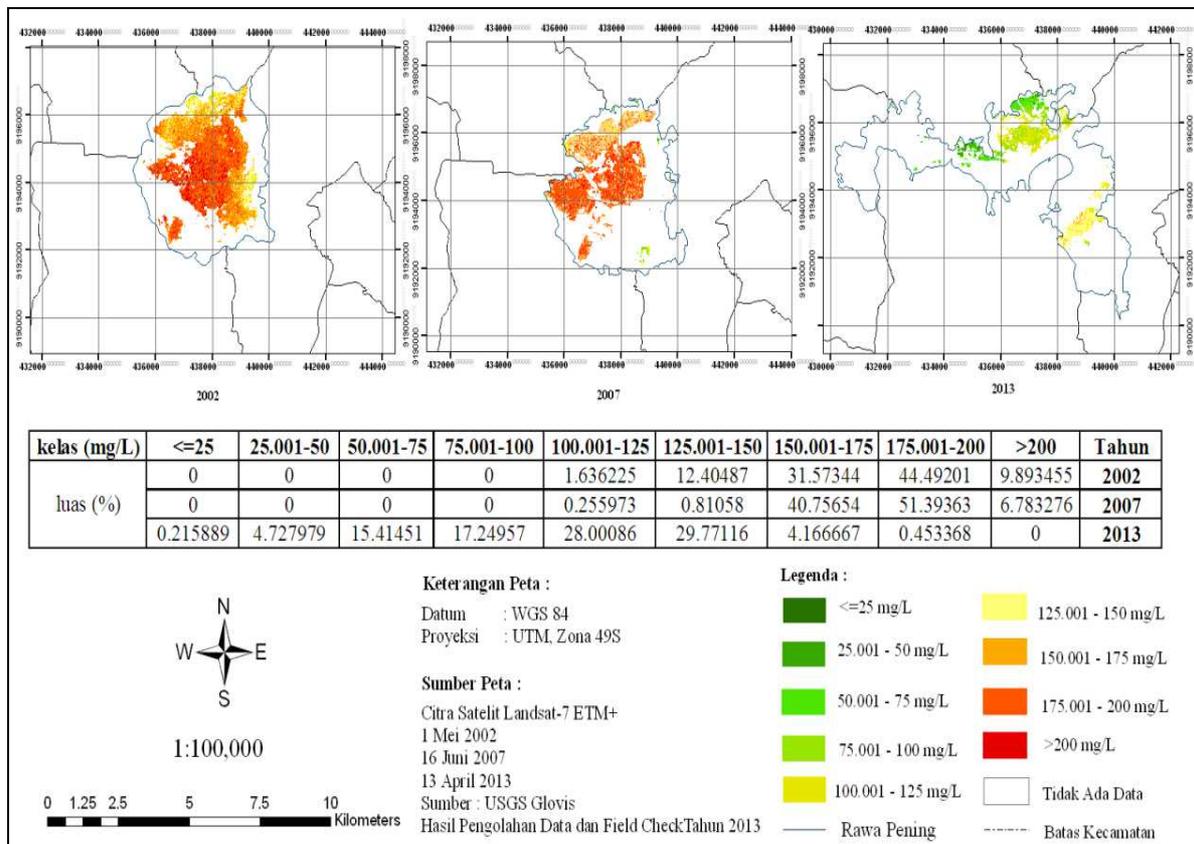
Adapun grafik hubungan antara nilai konsentrasi TSS insitu dengan TSS dugaan ditunjukkan pada gambar 3.



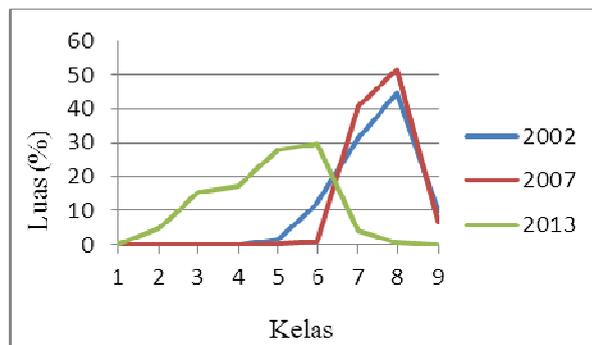
Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Nilai Konsentrasi TSS Insitu dengan TSS Dugaan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS dugaan memiliki kecenderungan pola yang sama dengan konsentrasi TSS di lapangan, akan tetapi terdapat beberapa titik dengan perbedaan yang signifikan yaitu pada P17, P23, P27, P32, dan P33. Perbedaan nilai TSS insitu dengan TSS dugaan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 3 dapat disebabkan oleh perbedaan waktu pengambilan data insitu dengan waktu perekaman citra dan kondisi citra yang mendapat pengaruh dari tutupan kabut tipis (*haze*).

Hasil *input* algoritma ke dalam citra Landsat-7 ETM+ tahun 2002, 2007, dan 2013 adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Konsentrasi TSS Danau Rawa Pening Tahun 2002, 2007, dan 2013



Gambar 5 Grafik luas TSS Tahun 2002, 2007, 2013

Berdasarkan gambar dan grafik diatas, pada tahun 2002 nilai konsentrasi tertinggi yaitu <200 mg/L sebesar 9,89% dan pada tahun 2007 nilai konsentrasi tertinggi yaitu <200 mg/L sebesar 6,78%. Akan tetapi secara keseluruhan diketahui bahwa pada kurun waktu 5 tahun (2002 dan 2007) dengan kondisi musim yang relatif sama (kemarau), konsentrasi TSS mengalami peningkatan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai konsentrasi TSS <150mg/L pada tahun 2002 adalah sebesar 85,96% dan pada tahun 2007 meningkat menjadi 98,93%.

Peningkatan konsentrasi TSS ini menunjukkan penurunan kualitas air di Danau Rawa Pening. Terlihat pada gambar 4.20 dan gambar 4.21 bahwa konsentrasi TSS tinggi terdapat pada area tengah danau. Hal ini disebabkan karena pada area tengah danau, arus air tidak tinggi sehingga materi padatan tidak bisa terlarut. Komponen hidup, seperti eceng gondok yang merupakan partikel TSS juga mempengaruhi nilai konsentrasi air disekitarnya. Menurut sumber dari BLH Kabupaten Semarang, laju erosi dari sub-sub DAS yang menjadi inlet mencapai 1693 ton/tahun pada tahun 1986-2008. Masuknya muatan hasil erosi yang masuk melalui sungai yang bermuara di Rawa Pening menyebabkan peningkatan nilai konsentrasi TSS.

Pada tahun 2013, di musim yang berbeda (penghujan), konsentrasi TSS mengalami penurunan dibanding tahun 2002 dan 2007. Konsentrasi yang mendominasi danau berkisar antara 126-150 mg/L yaitu sebesar 29,77% dan tidak terdapat konsentrasi TSS dengan nilai >200mg/L. Hal ini dikarenakan pada musim penghujan, air hujan melarutkan materi-materi padatan sehingga konsentrasi TSS berkurang. Perbedaan musim ini juga yang menyebabkan kualitas citra yang lebih buruk dibanding citra tahun 2002 dan 2007 karena terdapat sebagian area danau yang tertutup oleh awan. Selain itu, pada tahun 2013 sebaran eceng gondok semakin meluas mencapai tengah danau. Lebih dari 75% area Rawa Pening tertutup eceng gondok (Sumber: Suara Merdeka, 30 April 2013).

Penurunan nilai konsentrasi TSS pada tahun 2013 menunjukkan kualitas air danau yang lebih baik dibanding tahun 2002 dan 2007. Hal ini tak lepas dari upaya Pemerintah Kabupaten Semarang dalam mengatasi masalah lingkungan hidup di Rawa Pening. Diantaranya . Perkuatan Tebing Kali Lodoyong dan Tebing Kali Karang Desa Tegaron Kecamatan Ambarawa (2007), Pengembangan hutan tanaman melalui pengadaan 20.000 bibit tanaman (2008), Koordinasi Penyelenggaraan Reboisasi dan Penghijauan Hutan Rakyat (2009), Penindakan terhadap Pertambangan Tanpa Ijin (2010), dan pembersihan eceng

gondok yang rutin dilaksanakan setiap tahun.(Sumber : BLH Kabupaten Semarang; berdasarkan presentasi Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang. 2011).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

IV.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma empiris yang sesuai untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening adalah persamaan regresi model logaritmik rasio antar band 1 (biru) dengan band 2 (hijau) dengan persamaan:

$$\text{TSS} = 368,7\ln(x)+31,52$$

2. Sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002 dan 2007 tertinggi berkisar antara 176-200 mg/L, sedangkan pada tahun 2013 berkisar antara 126-150mg/L.
3. Pola perubahan sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Danau Rawa Pening pada tahun 2002, 2007, dan 2013 cenderung tinggi pada tengah danau dan area yang berdekatan dengan vegetasi air (eceng gondok).

IV.2. Saran

1. Pada penelitian berikutnya hendaknya dilakukan pada musim kemarau agar citra yang digunakan tidak banyak tertutup oleh awan maupun *haze*.
2. Menggunakan citra dengan resolusi yang lebih tinggi untuk mempermudah proses interpretasi citra.
3. Mengorelasikan dengan data tambahan lain, seperti curah hujan, penggunaan lahan, dan kelerengan untuk melihat pengaruhnya terhadap konsentrasi TSS.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwulan, Wiwin dkk. 2002. '*Penggunaan Citra SPOT-HRV Melalui Pendekatan Statistik untuk Pemetaan Bahan Tersuspensi di Teluk Banten*'. Dalam Prosiding Forum Komunikasi Geospasial Nasional Tahun 2002. Hal. 108-114.
- Barret, R. B dan L. F. Curtis. 1982. *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Chapman and Hall. London. 352 h.

- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Jakarta: C.V ANDI OFFSET
- Ghozali, Imam. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hasyim, B. 1997. *Optimasi Penggunaan Data Inderaja dan Sistem Informasi Geografi untuk Pengawasan Kualitas Lingkungan Pantai akibat Limbah Industri*. Dewan Riset Nasional. Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi. Jakarta.
- Hermawan, Muhammad Dicky . 2012. '*Analisis Distribusi Total Suspended Matter Dan Klorofil-A Menggunakan Citra Terra Modis Level 1B Resolusi 250 Meter dan 500 Meter (Studi Kasus Daerah Pesisir Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung Tahun 2012)*'. Skripsi. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kusumowidagdo, Mulyadi dkk. 2009. *Pemanfaatan Data Inderaja untuk Pemantauan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Jakarta: Massma Sikumbang.
- Landsat USGS. <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>.
- Laporan Pemantauan Kualitas Air Danau di Indonesia. 2011. Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Lestari, Indah Budi. 2009. '*Pendugaan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta dengan Citra Satelit Landsat*'. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Modul Pembuatan Peta Citra Satelit dan Peta Tematik. 2005. Jakarta: LAPAN.
- Parwati, Ety dkk. 2008. '*Ekstraksi Informasi Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Data Penginderaan Jauh Untuk Kawasan Pesisir Berau, Kalimantan Timur*'. Makalah disajikan dalam PIT MAPIN XVII, Bandung, 12 Desember.
- Pengelolaan Banjir DAS Jragung Tuntang dan Revitalisasi Rawapening. 2008. Dinas PSDA Provinsi Jawa Tengah.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Bandung: Informatika.
- Slide Presentasi Danau Rawa Pening. 2011. Pemerintah Kabupaten Semarang.

- Supiatna, W., Sukartono. 2002. *Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit*. <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/bt071022.pdf>
- Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Trisakti, Bambang dkk. 2011. ' *Pengembangan Model Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau*'. Dalam Laporan Akhir Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, Bidang Sumberdaya Wilayah Darat. Jakarta.
- Trisakti, Bambang. 2012. *Implementasi Koreksi Radiometrik Citra*. Jakarta: LAPAN.
- Trisakti, Bambang. 2012. *Juknis Luas Danau dan Kualitas Air*. Jakarta: LAPAN.
- Trisakti, Bambang. 2012. *Koreksi Geometrik Data Citra Satelit*. Jakarta: LAPAN.
- Trisakti, Bambang. 2012. *Koreksi Sudut Matahari untuk Citra SPOT-4 dan Landsat*. Jakarta: LAPAN.
- Wuryanta , Agus dan Paimin. 2012. ' *Analisis Sedimentasi Danau Rawapening Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis*'. Dalam Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012. Hal. 523-534.