

**ANALISIS PERBANDINGAN PENINGKATAN SEDIMENTASI DI WADUK MRICA DENGAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MERAWU MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT LANDSAT**

Muhammad Asadullah A.<sup>\*)</sup>, Bambang Sudarsono, Nurhadi Bashit

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

**ABSTRAK**

Waduk Mrica terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. Pembangunan waduk Mrica memiliki tujuan untuk PLTA dan irigasi. Namun Waduk Mrica mengalami sedimentasi yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan pengamatan terhadap peningkatan sedimentasi yang terjadi di Waduk Mrica. Pengamatan tersebut dilakukan dengan pemetaan batimetri waduk secara berkala. Di sisi lain, teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu teknologi yang efektif dan efisien dalam pemetaan batimetri perairan dangkal, diantaranya dengan menggunakan algoritma Van Hengel dan Spitzer. Pengolahan algoritma tersebut dianalisis dengan uji regresi menggunakan data pemeruman yang dilakukan pihak pengelola waduk, yakni Indonesia Power UP Mrica. Analisis klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing dan analisis kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hasil analisis regresi menunjukkan nilai  $R^2$  pada data Landsat 7 tahun 2003 sebesar 0,741 atau 74,1%, sedangkan pada data tahun 2013 sebesar 0,440 atau 44,0%. Hasil algoritma Van Hengel dan Spitzer, diperkirakan terjadi peningkatan sedimen sebesar 76.243.184,23 m<sup>3</sup>. Perubahan tutupan lahan dan kerapatan vegetasi DAS Merawu memiliki hubungan korelasi yang tidak konsisten terhadap peningkatan sedimentasi Waduk Mrica dimana terjadi peningkatan sedimentasi namun pada beberapa kelas tutupan lahan terjadi perubahan yang tidak sejalan.

**Kata Kunci** : Sedimentasi, Tutupan lahan, Van Hengel dan Spitzer, Waduk Mrica

**ABSTRACT**

*Mrica Reservoir located in Bawang, Banjarnegara, Central Java, which has high sedimentation. It is necessary to observe the increase in sedimentation occurring in the Mrica Reservoir through regular mapping of reservoir bathymetry. Remote sensing technology is one of the effective and efficient technologies in mapping shallow water bathymetry using the Van Hengel and Spitzer algorithms. The processing of the algorithm was analyzed by regression test using the data that was performed by the reservoir management, namely Indonesia Power UP Mrica. Land cover classification analysis was carried out using supervised classification method and vegetation density analysis using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method. The results of regression analysis showed that  $R^2$  value on Landsat 7 data in 2003 was 0.741 or 74.1%, whereas in 2013 data was 0.440 or 44.0%. The results of the Van Hengel and Spitzer algorithms, it is estimated that there is an increase in sediment of 76,243,184.23 m<sup>3</sup>. Changes in land cover and vegetation density of the Merawu Basin have an inconsistent correlation with the increase in sedimentation of the Mrica Reservoir where there is an increase in sedimentation, but in some classes of land cover changes are inconsistent.*

**Key Words** : Land cover, Mrica Reservoir, Sedimentation, Van Hengel and Spitzer

<sup>\*)</sup> Penulis Utama, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Waduk Mrica atau Waduk Panglima Besar Soedirman merupakan waduk yang terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. Waduk tersebut mulai digunakan pada tahun 1988 di zaman pemerintahan Presiden Soeharto, dimana tujuan pembangunannya adalah untuk PLTA dengan kapasitas terpasang 180,93 MW. Selain itu waduk tersebut juga dimanfaatkan untuk irigasi, khususnya pada Daerah Irigasi (DI) Banjarcayana seluas 6.550 Ha dan DI Penaruban seluas 900 Ha (Wulandari, 2007). Berdasarkan laporan yang disusun oleh PT. Indonesia Power UP Mrica, luas genangan waduk tersebut sebesar 8.258.253 m<sup>2</sup> pada ketinggian muka air waduk 231 m di atas muka air laut. Selanjutnya, penelitian ini menggunakan istilah Waduk Mrica untuk mempermudah penamaan waduk.

Waduk Mrica pada awal pembuatannya diperkirakan dapat bertahan hingga 60 tahun tetapi mengalami sedimentasi yang cukup tinggi sehingga umur waduk diperkirakan akan lebih singkat. Berdasarkan laporan PT. Indonesia Power UPB Mrica tahun 2007 sedimentasi sudah melewati ambang *intake drawdown culvert*, saat itu (tahun 2006) 49,91% volume waduk sudah terisi sedimen (Wulandari, 2007). Berdasarkan hasil studi Pusat Penyelidikan Masalah Kelistrikan PT. PLN dengan Universitas Gadjah Mada tahun 1995, sungai – sungai utama yang berperan sebagai medium masuknya sedimen ke Waduk Mrica adalah Sungai Serayu dan Sungai Merawu, yang daerah alirannya merupakan daerah gunung berapi (Gunung Sumbing, Gunung Sindoro dan dataran tinggi Dieng).

Sungai Merawu melewati daerah dengan batuan yang lepas dan mudah tererosi karena batuan pada tebing-tebing sungai lunak dan mudah hancur. Erosi juga didukung oleh pola dan tata guna lahan yang tidak mendukung pencegahan erosi karena didominasi oleh penutupan lahan untuk aktifitas pertanian. Penutupan lahan berupa hutan memiliki jumlah yang lebih sedikit.

Saat ini teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pemetaan batimetri perairan dangkal sehingga bisa menjadi alternatif. Secara teoritis jika dasar perairan dapat dilihat, maka dapat dibentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor (Wahyuningrum, 2008). Konsep ini menggunakan algoritma-algoritma tertentu untuk mengestimasi kedalaman perairan dengan menggunakan data citra satelit. Sedangkan pengamatan peningkatan sedimentasi waduk dapat diamati dengan menghitung selisih volume waduk hasil perhitungan kedalaman perairan waduk pada citra multitemporal. Hasil estimasi tersebut diuji akurasi dengan menggunakan data pemetaan batimetri/ pemeruman tahunan waduk.

### I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana ketelitian hasil kedalaman air waduk menggunakan metode penginderaan jauh?
2. Berapa nilai perubahan sedimentasi Waduk Mrica berdasarkan pengamatan menggunakan metode penginderaan jauh?
3. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan sedimentasi pada Waduk Mrica tahun 2003 dan 2013?

### I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui ketelitian informasi hasil pengukuran perubahan sedimentasi Waduk Mrica berdasarkan data perubahan kedalaman waduk menggunakan metode penginderaan jauh.
2. Mengetahui nilai perubahan sedimentasi Waduk Mrica berdasarkan pengamatan menggunakan metode penginderaan jauh.
3. Mengetahui adanya pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap peningkatan sedimentasi pada Waduk Mrica tahun 2003 dan 2013.

### I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian ini adalah DAS Merawu dan Waduk Mrica yang terletak di Kabupaten Banjarnegara.
2. Pengolahan menggunakan citra satelit Landsat 7 dengan waktu akuisisi citra pada Bulan Mei tahun 2003 dan citra satelit Landsat 8 dengan waktu akuisisi citra pada Bulan Juni tahun 2013 yang diperoleh dari *earthexplorer.usgs.gov*.
3. Algoritma yang digunakan untuk mengetahui kedalaman Waduk Mrica adalah algoritma van Hengel dan Spitzer.
4. Mengetahui perubahan kedalaman Waduk Mrica untuk menghitung peningkatan volume sedimentasi.
5. Metode yang digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan adalah klasifikasi terbimbing metode *Maximum Likelihood*.
6. Metode yang digunakan untuk mengetahui perubahan kerapatan vegetasi adalah metode NDVI.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1. Studi Literatur

Beberapa kajian penelitian telah dirangkum untuk membantu memberikan referensi/acuan dalam melakukan penelitian. Beberapa penelitian tersebut diantaranya penelitian yang dilakukan Bambang Setiyono (2006) mengenai deteksi perubahan penutup lahan menggunakan citra satelit Landsat, Dyah Ari Wulandari (2007) terkait penanganan sedimentasi Waduk Mrica, serta Prihatin Ika Wahyuningrum (2007) terkait algoritma untuk estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data Landsat 7.

**II.2. Pengindraan Jauh**

Pengindraan jauh merupakan pengukuran atau perolehan informasi dari beberapa sifat objek atau fenomena, dengan menggunakan alat perekam yang secara fisik tidak terjadi kontak langsung dengan objek atau fenomena yang dikaji (*American Society of Photogrametry*). Menurut JARS dalam Parwali (2006), inderaja adalah ilmu dan teknologi yang digunakan untuk mengetahui informasi tentang obyek dengan jalan mengidentifikasi, mengukur dan menganalisis karakteristik tanpa kontak langsung. Informasi tentang obyek, daerah dan fenomena yang diteliti didapatkan dari analisis data yang dikumpulkan oleh sensor dari jarak jauh (Parwali, 2006).

**II.3. Satelit Landsat**

Satelit Landsat memiliki beberapa generasi, diantaranya adalah Landsat-7 dan Landsat 8. Satelit Landsat-7 ETM diluncurkan pada tanggal 15 April 1999, sama seperti satelit-satelit pendahulunya yang berada pada ketinggian 705 km dengan periode edar 99 menit dan orbit *polar sun-synchronous* yang memotong garis khatulistiwa ke arah selatan pada waktu tetap yaitu pukul 10.00 waktu setempat (lokal) serta mempunyai sudut inklinasi 30°. Satelit yang memiliki cakupan sebesar 185 km ini akan melewati lintasan (daerah) yang sama setiap 16 hari (Natsir, 2010). Karakteristik dari sensor satelit Landsat-7 ETM dilengkapi oleh 8 kanal spektral.

Landsat 8 merupakan satelit generasi terbaru dari program Landsat yang diluncurkan di pangkalan angkatan udara Vandenberg, California, Amerika Serikat. Landsat 8 diluncurkan pada 11 Februari 2013 dan diprakarsai oleh USGS dan NASA, badan antariksa Amerika Serikat. Terdapat dua sensor pada Landsat 8 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 kanal serta sensor Thermal InfraRed Sensors (TIRS) yang terdiri dari 2 kanal.

**II.4. Algoritma Van Hengel dan Spitzer**

Hengel dan Spitzer mengembangkan algoritma pemetaan kedalaman perairan dengan memanfaatkan data multitemporal. Algoritma tersebut merupakan penjabaran dari pendapat yang mengatakan bahwa kedalaman air berbanding lurus dengan algoritma radiasi dan nilai kedalaman air relatif yang dapat diperoleh dengan melakukan transformasi khusus terhadap nilai radiasi khusus tiap kanal. Pada proses penelitiannya, algoritma ini memanfaatkan 3 citra multitemporal sebagai data masukan dan dengan hasil berupa metode rotasi nilai radiasi berdasarkan pendapat Lyzenga yang dapat digunakan untuk memperoleh data kedalaman air dari data citra satelit (Wahyuningrum, 2008).

Algoritma Van Hengel dan Spitzer yang merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit

untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif air laut membutuhkan tiga masukan citra yang dirumuskan sebagai dengan persamaan berikut:

$$\begin{bmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(r) \cos(s) & \sin(r) \cos(s) & \sin(s) \\ -\sin(r) & \cos(r) & 0 \\ -\cos(r) \sin(s) & -\sin(r) \sin(s) & \cos(s) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana X1 adalah citra pertama, X2 adalah citra kedua, X3 adalah citra ketiga, Y1 adalah hasil tranformasi utama, Y2 dan Y3 adalah hasil sampingan transformasi, serta r dan s adalah sudut arah rotasi. Nilai sudut arah rotasi dalam algoritma tersebut adalah konstanta yang diperoleh dari perhitungan dengan rumus:

$$r = \arctan(U_r + \sqrt{(U_r^2 + 1)}) \dots\dots\dots(2)$$

$$s = \arctan(U_s + \sqrt{(U_s^2 + 1)}) \dots\dots\dots(3)$$

dimana r dan s adalah sudut arah rotasi serta U diperoleh dari rumus:

$$U_r = \frac{\text{var } X2 + \text{var } X1}{2\text{cov } X1X2} \dots\dots\dots(4)$$

$$U_s = \frac{\text{var } X3 + \text{var } X1}{2\text{cov } X3X1} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Var Xi = Nilai varian kanal i
- Cov XiXj = Nilai kovarian kanal i dan kanal j

Kedalaman yang dihasilkan Y1 masih berupa kedalaman relatif citra dan harus diubah menjadi kedalaman absolut. Kedalaman absolut merupakan nilai-nilai digital yang secara langsung dapat menunjukkan estimasi nilai kedalaman perairan sebenarnya. Proses perubahan ini dilakukan dengan analisa regresi antara nilai kedalaman air relatif (Y1) dengan kedalaman air sebenarnya (data hasil pemeruman). Persamaan regresi yang diperoleh digunakan untuk mengkonversi citra kedalaman air relatif menjadi kedalaman air absolut diformulasikan menjadi persamaan:

$$aY_{1,i} + b = St_i \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- a, b = Konstanta yang diperoleh dari analisa regresi
- i = Nomor piksel
- St = Kedalaman air absolut (m)

Penelitian yang dilakukan Wahyuningrum (2008), dilakukan modifikasi terhadap penerapan algoritma Van Hengel dan Spitzer dengan menerapkan algoritma Van Hengel dan Spitzer untuk data citra multi kanal pada waktu perekaman yang sama. Kanal yang digunakan adalah kanal yang diyakini memiliki respon spektral terbaik untuk objek perairan yaitu kanal biru (0,45-0,52 μm), kanal hijau (0,52-0,60 μm) dan kanal merah (0,63-0,69 μm). Berdasarkan nilai koefisiensi determinasi, dapat disimpulkan bahwa kombinasi kanal 321 merupakan kombinasi terbaik pada pengolahan citra digital dengan algoritma Van Hengel dan Spitzer.

**II.5. Skema Klasifikasi**

Menurut Malingreau (1978), klasifikasi adalah penetapan objek-objek kenampakan atau unit-unit menjadi kumpulan-kumpulan di dalam suatu sistem pengelompokan yang dibedakan berdasarkan sifat-sifat yang khusus berdasarkan kandungan isinya. Dalam pelaksanaannya, proses klasifikasi memerlukan konsistensi kelas hasil penetapan objek kenampakan. Konsistensi tersebut dapat diartikan sebagai:

1. Kelas objek yang sama tetap didefinisikan sebagai kelas yang sama, meskipun menggunakan sumber data yang berbeda.
2. Kelas yang ada dapat diturunkan atau didetilkkan dalam sub-sub kelas dibawahnya. Sub-sub kelas dapat disajikan sesuai dengan kebutuhan skala peta dan sumber data yang ada dan sub kelas harus tetap dapat dikelompokkan kembali menjadi kelas utamanya.
3. Sub kelas yang ada di dalam tiap kelas utama dapat dideteksi oleh sumber data pengindraan jauh dengan resolusi yang lebih baik.

Berdasarkan SNI 7645-2010 tentang Klasifikasi Penutup Lahan, kelas penutup lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi daerah tak bervegetasi. Daerah bervegetasi adalah daerah dengan liputan vegetasi minimal 4% sedikitnya selama 2 bulan dalam 1 tahun atau dengan liputan *Linchens/Mosses* lebih dari 25%. Daerah tak bervegetasi adalah daerah dengan total liputan vegetasi kurang dari 4% selama lebih dari 10 bulan, atau daerah dengan liputan *Linchens/Mosses* kurang dari 25% (BSN, 2010). Daerah bervegetasi dibagi menjadi 2 kelas yaitu daerah pertanian dan daerah bukan pertanian. Pada kelas daerah tak bervegetasi, penurunan menjadi sub kelas dengan mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek. Daerah tak bervegetasi dibagi menjadi 3 kelas yaitu lahan terbuka, pemukiman (pemukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan) dan perairan.

Tabel 1. Kelas Penutup Lahan

No	Kelas Utama	Kelas
1	Daerah Bervegetasi	Daerah Pertanian
2		Daerah Bukan Pertanian (Vegetasi Non Pertanian)
3	Daerah Tak Bervegetasi	Lahan Terbuka
4		Pemukiman
5		Perairan

**II.6. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised*)**

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi dimana analisis mempunyai sejumlah piksel yang mewakili dari masing-masing kelas atau kategori yang diinginkan (Setiyono, 2006). Klasifikasi terbimbing diawali dengan menentukan daerah contoh atau training area berdasarkan informasi mengenai tutupan lahan yang sebenarnya ada di lapangan. Nilai piksel pada daerah contoh digunakan sebagai sampel untuk piksel-piksel

yang lain sehingga terbentuk kelas-kelas klasifikasi dari piksel-piksel pada citra satelit berdasarkan nilai dari piksel daerah contoh.

Salah satu metode klasifikasi terbimbing adalah metode *maximum likelihood*. Metode ini mengasumsikan bahwa statistik untuk setiap kelas dalam setiap kanal biasanya didistribusikan dan menghitung probabilitas bahwa suatu piksel masuk kedalam suatu kelas tertentu. Setiap piksel akan masuk kedalam kelas yang memiliki probabilitas tertinggi (yaitu, "*maximum likelihood*"). Jika probabilitas tertinggi lebih kecil dari ambang batas yang ditentukan, piksel tetap tidak terklasifikasi (Heriza, 2017).

**II.7. NDVI**

NDVI merupakan metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (kandungan klorofil) pada tumbuhan (Amliana, 2015). Danoedoro (2012) menyebutkan bahwasannya NDVI adalah kombinasi antara teknik penisbahan dengan pengurangan citra. Metod NDVI melakukan perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan, yang sangat baik sebagai awal dari pembagian daerah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara lain, biomass dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. NDVI merupakan indeks 'kehijauan' vegetasi atau aktivitas fotosintesis vegetasi, dan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan. NDVI dihitung berdasarkan per-piksel dari selisih normalisasi antara kanal merah dan inframerah dekat pada citra dituliskan pada persamaan:

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:  
 NIR = Kanal inframerah dekat  
 Red = Kanal merah

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1. Alat dan Bahan**

**III.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

1. Laptop Lenovo B40-70 (Intel Core i3 CPU @ 1.90GHz, RAM 2048Mb, OS Windows 8)
2. Printer
3. Microsoft Office Word 2013
4. Microsoft Office Excel 2013
5. Envi 5.1
6. ArcGIS 10.4
7. IBM SPSS Statistics 22
8. *Assisted* GPS (AGPS)

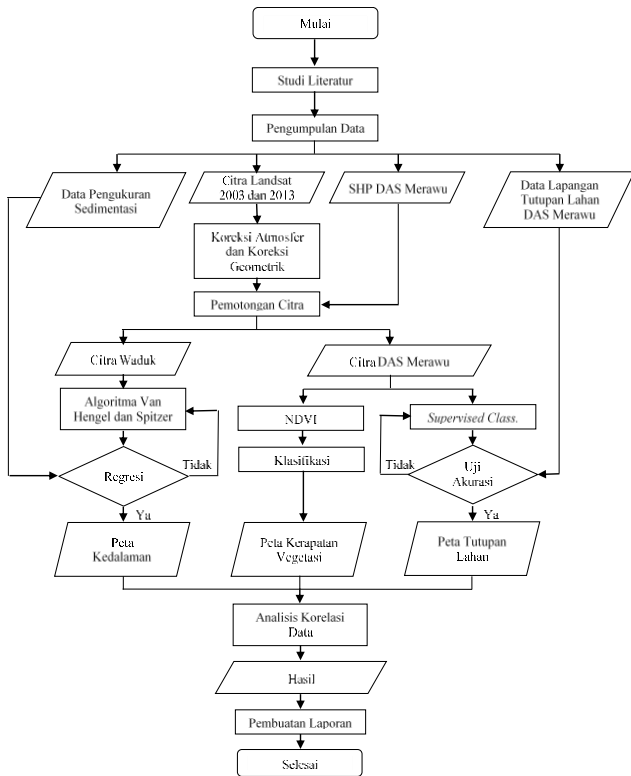
**III.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

1. Citra Satelit Landsat 7 ETM+ - L1T yang diperoleh dari earthexplorer.usgs.gov dengan waktu akusisi citra pada 20 Mei 2003.
2. Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS - L1TP yang diperoleh dari earthexplorer.usgs.gov dengan waktu akusisi citra pada 24 Juni 2013.
3. SHP DAS Serayu dan sub-DAS Merawu yang diperoleh dari Balai Pengelola DAS Serayu Opak Progo.
4. Data Pengukuran Sedimentasi Waduk Mrica yang diperoleh dari PT Indonesia Power UP Mrica.
5. Data survei lapangan tutupan lahan DAS Merawu.

**III.2 Diagram Alir Penelitian**

Skema metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



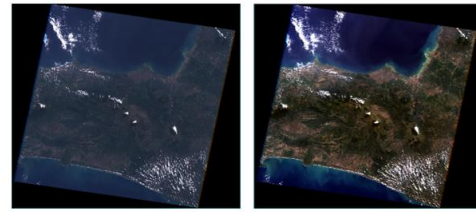
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**IV. Hasil dan Analisis**

**IV.1. Hasil Koreksi dan Pemotongan Citra**

**IV.1.1 Koreksi Atmosfer dan Koreksi Geometrik**

Proses kalibrasi radiometrik tahap pertama yaitu melakukan konversi nilai digital menjadi nilai radian. Tahap kedua adalah konversi nilai digital menjadi nilai reflektan TOA untuk memperbaiki nilai reflektan/pantulan citra akibat perbedaan jarak bumi dan matahari pada saat perekaman.



Gambar 2. Hasil Kalibrasi Radiometrik Landsat 7 Tahun 2003



Gambar 3. Hasil Kalibrasi Radiometrik Landsat 8 Tahun 2013

Nilai reflektan TOA belum memperhitungkan pengaruh atmosfer pada citra, sehingga perlu dilakukan koreksi atmosfer. Pada metode FLAASH, metode koreksi yang digunakan pada penelitian ini, data masukan yang digunakan dimodelkan kembali dengan menambahkan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai radian/reflektan yang diterima sensor.



Gambar 4. Hasil Koreksi Atmosfer Landsat 7 Tahun 2003



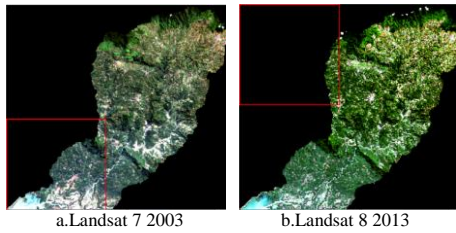
Gambar 5. Hasil Koreksi Atmosfer Landsat 8 Tahun 2013

Tahap selanjutnya adalah koreksi geometrik dimana Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah *image to image registration*, dimana koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan peta RBI wilayah Kabupaten Banjarnegara dengan skala 1:25.000 yang telah terrektifikasi. Nilai RMSE yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,193227, dimana dapat diartikan bahwasannya pergeseran titik di lapangan adalah 5,797 meter yang didapatkan dari 0,193227 dikali 30 meter.

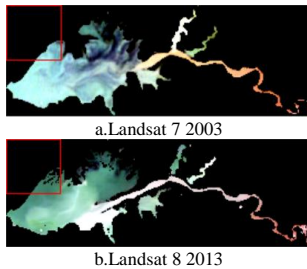
**IV.1.2 Pemotongan Citra**

Pemotongan citra dilakukan untuk memberikan batasan area pada wilayah penelitian, sehingga proses pengolahan citra hanya dilakukan pada area yang menjadi wilayah penelitian. Pada penelitian ini, pemotongan citra dibagi menjadi dua bagian, yaitu

pemotongan citra wilayah DAS Merawu dan wilayah perairan Waduk Mrica.



Gambar 6. Potongan Citra DAS Merawu Landsat 7 Tahun 2003 dan Landsat 8 Tahun 2013



Gambar 7. Potongan Citra Waduk Mrica Landsat 7 Tahun 2003 dan Landsat 8 Tahun 2013

### IV.2. Hasil Algoritma Van Hengel dan Spitzer

Pengolahan citra dimulai dengan mencari nilai konstanta arah rotasi citra ( $r$  dan  $s$ ) yang diasumsikan sebagai konstanta terhadap citra yang akan dianalisa. Hasil pengolahan untuk kedua citra diperoleh nilai arah rotasi citra ( $r$  dan  $s$ ) yang dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hitungan Konstanta Arah Rotasi

	Ur	r	Us	s
<b>Rumus</b>	$(\text{Var } X2 + \text{Var } X1) / 2\text{cov } X1X2$	$\text{Arctan} (Ur + (Ur^2 + 1)^{1/2})$	$(\text{Var } X3 + \text{Var } X1) / 2\text{cov } X3X1$	$\text{Arctan} (Us + (Us^2 + 1)^{1/2})$
<b>2003</b>	1,235650	1,230606°	1,763048	1,312820°
<b>2013</b>	1,164245	1,215970°	1,198017	1,223020°

Serta tiga buah citra yang diwujudkan dalam anotasi Y1, Y2, dan Y3, tetapi hanya citra Y1 saja yang memiliki informasi nilai kedalaman air relatif.

### IV.3. Analisis Regresi

Citra yang Y1 masih berupa kedalaman relatif sehingga perlu dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan koefisien determinasi yang mengukur sejauh mana kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Analisis regresi juga digunakan untuk mendapatkan nilai  $a$  dan  $b$  yang digunakan untuk merubah nilai kedalaman relatif menjadi kedalaman absolut.

Tabel 3. Hasil Regresi Algoritma VHS Waduk Mrica Tahun 2003

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,853 <sup>a</sup>	0,728	0,723	6,83567

Tabel 4. Hasil Regresi Algoritma VHS Waduk Mrica Tahun 2013

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,663 <sup>a</sup>	0,440	0,424	3,2337006

Nilai  $R^2$  pada data Landsat 7 tahun 2003 sebesar 0,728, maka persentase pengaruh variabel Van Hengel

dan Spitzer terhadap variabel data lapangan sebesar 72,8%. Nilai  $R^2$  pada data Landsat 8 tahun 2013 sebesar 0,440, maka persentase pengaruh variabel Van Hengel dan Spitzer terhadap variabel data lapangan sebesar 44,0%. Nilai  $R^2$  yang kecil berarti kemampuan variabel Van Hengel dan Spitzer dalam menjelaskan variasi variabel data lapangan amat terbatas.

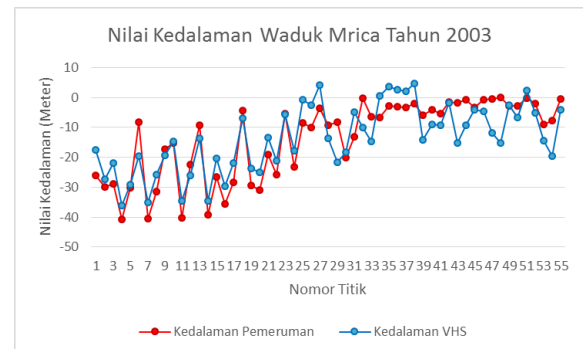
Analisis regresi menghasilkan persamaan regresi  $y = a + bx$ , dimana  $y$  adalah citra yang menunjukkan kedalaman relatif,  $a$  adalah *slope* persamaan, merupakan konstanta *intrcept* dan  $x$  adalah kedalaman absolut.

Tabel 5. Persamaan Regresi

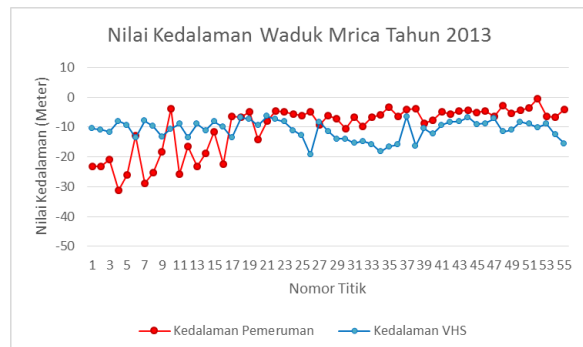
Tahun	Persamaan regresi Linier Sederhana	R <sup>2</sup>	r
2003	$y = -53,381x + 748,085$	0,728	0,853
2013	$y = 24,124x - 143,909$	0,440	0,663

### IV.4. Hasil dan Analisis Perhitungan Peningkatan Sedimen Waduk

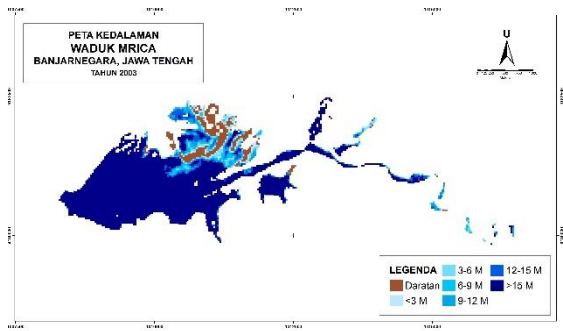
Volume waduk dihitung berdasarkan data kedalaman absolut pada citra Landsat 7 tahun 2003 dan Landsat 8 tahun 2013. Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan grafik nilai kedalaman berdasarkan data pemeruman ( $Z$ ) dan nilai kedalaman berdasarkan algoritma Van Hengel dan Spitzer ( $Z_{VHS}$ ).



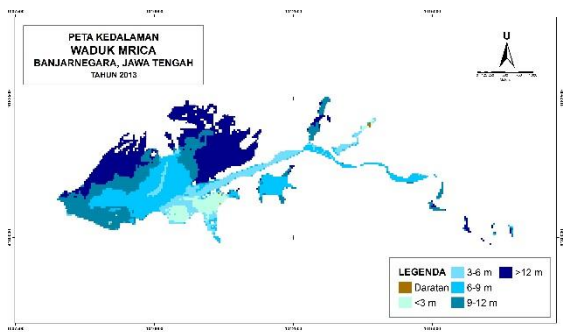
Gambar 8. Grafik Nilai Kedalaman Waduk Mrica Tahun 2003



Gambar 9. Grafik Nilai Kedalaman Waduk Mrica Tahun 2013



Gambar 10. Peta Kedalaman Waduk Tahun 2003



Gambar 11. Peta Kedalaman Waduk Tahun 2013

Nilai kedalaman absolut yang diperoleh dari algoritma Van Hengel dan Spitzer menunjukkan nilai yang tidak sepenuhnya sama dengan nilai kedalaman waduk berdasarkan hasil pemeruman. Rentang nilai kedalaman titik sampel waduk pada tahun 2003 adalah antara 0,07 m hingga 40,87 m, sedangkan rentang nilai kedalaman absolut titik sampel waduk pada tahun 2003 adalah antara -4,7 m hingga 36,04 m. Rentang nilai kedalaman titik sampel waduk pada tahun 2013 adalah antara 0,56 m hingga 31,2 m, sedangkan rentang nilai kedalaman absolut titik sampel waduk pada tahun 2013 adalah antara 6,39 m hingga 19,27 m. Nilai kedalaman absolut yang bernilai negatif diasumsikan sebagai daratan, dimana setiap nilai kedalaman waduk dan nilai kedalaman absolut dikali -1. Nilai kedalaman yang mulanya bernilai negatif akan menjadi positif dan memiliki nilai lebih besar dari 0, dimana nilai 0 merupakan nilai untuk permukaan waduk.

Volume waduk dihitung berdasarkan kedalaman absolut waduk dengan menjadikan citra berbentuk raster menjadi titik-titik (points) yang memiliki nilai tinggi (z) dari kedalaman absolut yang telah dikali -1. Area yang memiliki nilai kedalaman absolut lebih besar dari 0 dan diasumsikan sebagai daratan pada salah satu citra, dipotong atau dibuang pada kedua citra sebelum menghitung volume waduk. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai volume waduk pada luasan area yang sama. Perhitungan volume waduk menggunakan model yang sudah umum digunakan yaitu model Krigging pada aplikasi ArcGIS.

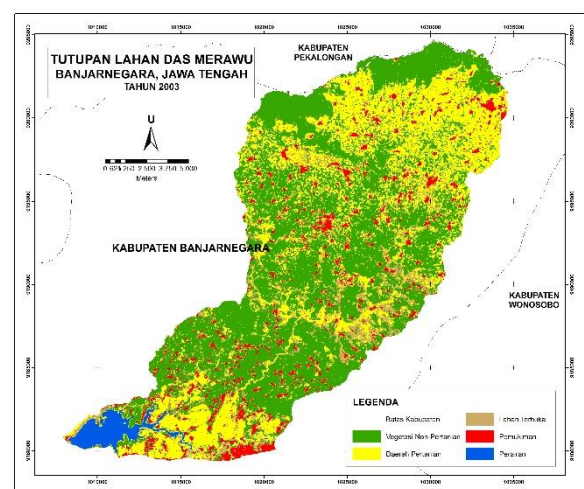
Selisih dari ukuran volume waduk pada tahun 2003 dengan 2013 dianggap sebagai perkiraan peningkatan volume sedimentasi waduk. Volume waduk hasil pengolahan algoritma Van Hengel dan

Spitzer pada tahun 2003 adalah sebesar 131.594.024,79109 m<sup>3</sup> sedangkan pada tahun 2013, volume waduk hasil pengolahan algoritma Van Hengel dan Spitzer sebesar 55.350.840,559842 m<sup>3</sup>. Perkiraan volume peningkatan sedimen berdasarkan algoritma Van Hengel dan Spitzer adalah sebesar 76.243.184,23 m<sup>3</sup>. Volume peningkatan sedimentasi berdasarkan metode batimetri yang pada tahun 2003 hingga 2013 terjadi peningkatan sebesar 40.316.934 m<sup>3</sup>. Diasumsikan nilai rata-rata tinggi sedimen pada interval tahun 2003 hingga 2013 adalah hasil pembagian nilai volume sedimen dengan nilai luas permukaan waduk. Nilai rata-rata tinggi peningkatan sedimen berdasarkan metode batimetri adalah 4,882 m sedangkan berdasarkan metode penginderaan jauh sebesar 9,232 m.

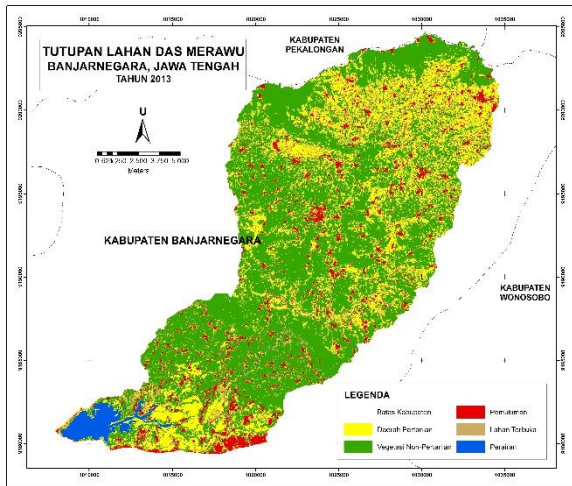
Hasil dari perhitungan volume berdasarkan algoritma pengukuran kedalaman perairan Van Hengel dan Spitzer pada penelitian ini menunjukkan hasil yang kurang optimal, khususnya pada data tahun 2013 yang menggunakan data citra Landsat 8. Namun pada penelitian ini dapat membuktikan bahwasannya perhitungan peningkatan sedimen berdasarkan pengamatan kedalaman waduk menggunakan metode penginderaan jauh dapat dilakukan.

#### IV.5. Hasil Klasifikasi Terbimbing Tutupan Lahan

Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hasil dari proses klasifikasi terbimbing metode *maximum likelihood*. Secara visual, bagian utara tersebar daerah vegetasi serta daerah pertanian berupa ladang. Bagian selatan didominasi oleh daerah pertanian berupa sawah serta pemukiman yang merupakan wilayah perkembangan dari Kabupaten Banjarnegara. Bagian barat daya wilayah DAS Merawu terdapat tutupan lahan berupa perairan yang cukup luas yang merupakan Waduk Mrica.



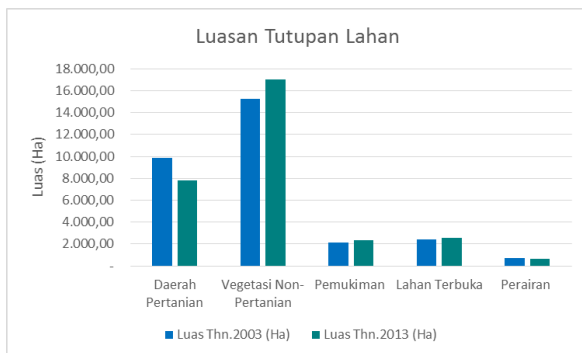
Gambar 12. Hasil Klasifikasi Terbimbing Tahun 2003



Gambar 13. Hasil Klasifikasi Terbimbing Tahun 2013

Tabel 6. Luasan Tutupan Lahan

Kelas	2003		2013	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Daerah Pertanian	9.870,66	32,46	7.803,81	25,67
Vegetasi Non- Pertanian	15.285,87	50,26	17.016,84	55,97
Pemukiman	2.152,71	7,08	2.322,81	7,64
Lahan Terbuka	2.390,22	7,86	2.594,52	8,53
Perairan	711,27	2,34	666,54	2,19



Gambar 14. Grafik Luasan Tutupan Lahan

**IV.6. Analisis Ketelitian Klasifikasi Terbimbing**

Ketelitian yang dianjurkan untuk digunakan adalah nilai kappa karena menggunakan semua elemen dalam matriks.

Tabel 7. Matriks Konfusi Tutupan Lahan DAS Merawu Tahun 2013

Kelas	DP	VG	LT	PMK	PA	Tot	Prod. Acc.		User Acc.	
							Acc %	Om. %	Acc %	Com. %
							DP	10	3	2
VG		15				15	78,95	21,05	100,00	0,00
LT	1	1	12	1		15	85,71	14,29	80,00	20,00
PMK				14		15	93,33	6,67	93,33	6,67
PA	3				12	15	100,00	0,00	80,00	20,00
Tot	15	19	14	15	12	75	84,93		84,00	

Total Diagonal : 63  
 $\sum X_{ii}$  : 1125  
 Totality Acc. : 84,00 %  
 Kappa : 0,800 %

Berhubung jarak waktu yang cukup jauh antara data penelitian dengan akusisi data lapangan, uji ketelitian klasifikasi pada data tahun 2003 tidak dilakukan. Selain itu, pada data tahun 2013, uji

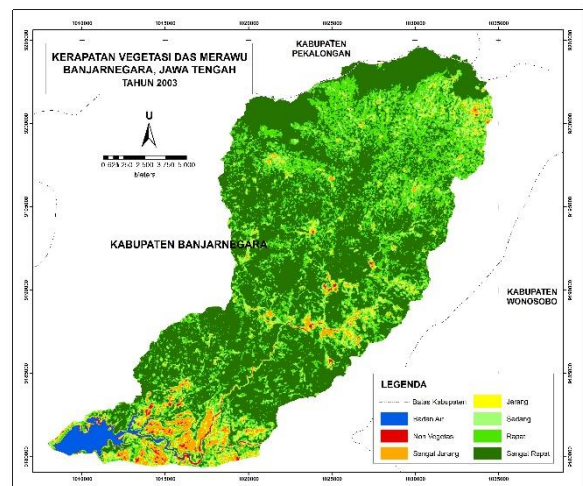
ketelitian hanya digunakan untuk memberikan gambaran presentase kesesuaian antara hasil klasifikasi supervised metode *maximum likelihood* dengan kondisi sebenarnya serta pola perubahan tutupan lahannya.

*Totality Accuracy* pada data tahun 2013 sebesar 84,00 % dengan nilai kappa sebesar 0,8 %. Kelas dengan ketelitian terendah adalah kelas Daerah Pertanian dengan ketelitian sebesar 66,67 % karena terdapat objek yang berubah menjadi perairan, pemukiman dan lahan terbuka. Kelas dengan tingkat ketelitian paling tinggi adalah kelas Vegetasi dengan nilai ketelitian 100 %.

Ketidaksesuaian antara hasil pengolahan citra dengan data sampel lapangan belum tentu disebabkan oleh kesalahan metode klasifikasi, tetapi bisa terjadi karena telah terjadi perubahan tutupan lahan. Pola perubahan tutupan lahan yang paling besar terjadi berdasarkan titik sampel adalah perubahan pada tutupan lahan dari vegetasi non-pertanian menjadi daerah pertanian serta daerah petanian menjadi perairan. Perubahan tutupan lahan dari vegetasi-non pertanian ke daerah pertanian bisa jadi disebabkan karena adanya perubahan tutupan lahan yang sebenarnya, dari tahun 2013 hingga tahun 2018, dimana data sampel lapangan diambil. Perubahan tutupan lahan dari daerah pertanian menjadi perairan terjadi di area sekitar waduk. Hal ini terjadi karena sebagian area waduk dapat beralih fungsi menjadi area pertanian ketika permukaan air waduk sedang turun.

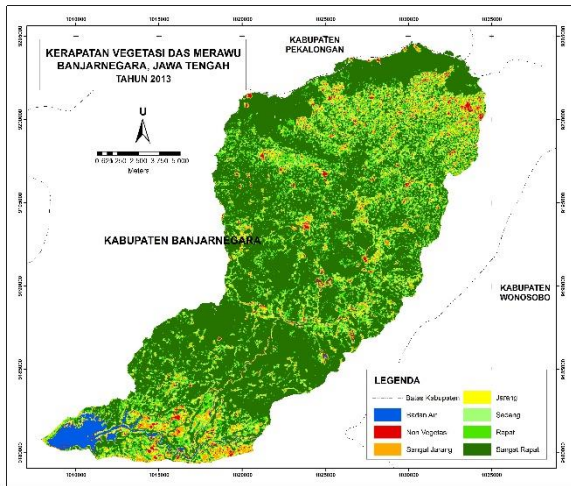
**IV.7. Hasil dan Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi DAS**

Hasil pengolahan NDVI DAS Merawu dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 15. NDVI DAS Merawu 2003

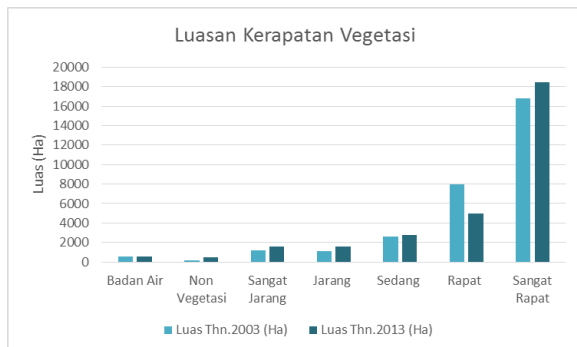




Gambar 14. NDVI DAS Merawu 2013

Tabel 8. Luasan Kerapatan Vegetasi

Kelas	2003		2013	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Perairan	578,70	1,90	586,89	1,93
Non Vegetasi	197,73	0,65	457,29	1,50
Sangat Jarang	1.167,21	3,84	1.573,11	5,17
Jarang	1.090,98	3,59	1.546,65	5,09
Sedang	2.612,88	8,59	2.788,74	9,17
Rapat	7.975,17	26,23	4.977,18	16,37
Sangat Rapat	16.787,79	55,20	18.471,87	60,76



Gambar 15. Grafik Luasan Kerapatan Vegetasi

#### IV.8. Analisis Korelasi Peningkatan Sedimen dengan Perubahan Tutupan Lahan

Hasil pengolahan algoritma Van Hengel dan Spitzer menunjukkan adanya peningkatan jumlah sedimen pada Waduk Mrica meskipun nilainya berbeda dari data pengukuran batimetri pada tahun pengamatan yang sama. Jika dibandingkan dengan hasil pengamatan perubahan tutupan lahan dan perubahan kerapatan vegetasi, maka dapat diamati korelasi diantara ketiganya. Perubahan tutupan lahan menunjukkan adanya keterkaitan dengan meningkatnya volume sedimen pada kelas perairan, lahan terbuka dan pemukiman, dimana dari tahun 2003 hingga tahun 2013, luas perairan mengalami penurunan sedangkan luasan lahan terbuka dan pemukiman mengalami peningkatan. Terdapat anomali pada kelas daerah pertanian dan vegetasi non-pertanian dimana dari tahun 2003 hingga tahun 2013, kelas daerah pertanian

mengalami penurunan yang cukup drastis sedangkan kelas vegetasi non-pertanian mengalami peningkatan.

Anomali juga ditunjukkan pada hasil pengamatan kerapatan vegetasi, terutama pada kelas vegetasi rapat dan kelas vegetasi sangat rapat. Pengamatan pada tahun 2003 ke tahun 2013, menunjukkan adanya penurunan secara drastis pada luasan kelas vegetasi rapat dan peningkatan pada luasan vegetasi sangat rapat. Pada dasarnya, peningkatan sedimentasi berbanding lurus dengan meningkatnya luas kelas non vegetasi dan vegetasi dengan kerapatan jarang serta menurunnya luas vegetasi rapat sehingga perubahan kerapatan vegetasi DAS Merawu memiliki hubungan korelasi yang tidak konsisten terhadap peningkatan sedimentasi Waduk Mrica.

### V. Kesimpulan dan Saran

#### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan, diantaranya:

1. Nilai kedalaman absolut yang diperoleh dari algoritma Van Hengel dan Spitzer menunjukkan nilai yang tidak sepenuhnya sama dengan nilai kedalaman waduk berdasarkan hasil pemeruman. Perbedaan nilai yang paling besar antara kedalaman waduk dengan kedalaman absolut pada tahun 2003 terdapat pada titik sampel nomor 48 yaitu sebesar 15,21 m, sedangkan selisih nilai terkecil terdapat pada titik sampel nomor 42 yaitu sebesar 0,18 m. Perbedaan nilai yang paling besar antara kedalaman waduk dengan kedalaman absolut pada tahun 2013 terdapat pada titik sampel nomor 4 yaitu sebesar 23,13 m, sedangkan selisih nilai terkecil terdapat pada titik sampel nomor 18 yaitu sebesar 0,20 m.
2. Hasil algoritma Van Hengel dan Spitzer, menunjukkan adanya peningkatan sedimen sebesar 76.243.184,23 m<sup>3</sup>. Jika dibandingkan dengan volume peningkatan sedimentasi berdasarkan metode batimetri, tahun 2003 hingga 2013 terjadi peningkatan sebesar 40.316.934 m<sup>3</sup>. Nilai rata-rata tinggi peningkatan sedimen berdasarkan metode batimetri adalah 4,882 m sedangkan berdasarkan metode penginderaan jauh sebesar 9,232 m.
3. Perubahan tutupan lahan DAS Merawu tidak signifikan mempengaruhi peningkatan sedimentasi Waduk Mrica. Kelas tutupan lahan yang mengalami penurunan luas paling besar adalah kelas Daerah Pertanian dan kelas yang mengalami kenaikan paling besar adalah kelas Vegetasi Non-Pertanian, dimana kelas Daerah Pertanian dan Vegetasi Non-Pertanian merupakan kelas yang memiliki pengaruh besar terhadap peningkatan sedimentasi namun perubahannya tidak sejalan dengan peningkatan sedimentasi.

## V.2 Saran

Dari penelitian kali ini terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya diantaranya :

1. Disarankan supaya menggunakan jenis citra yang sama sehingga meminimalisir efek yang ditimbulkan dari perbedaan lensa perekaman.
2. Sebaiknya ditambahkan periode pengamatan dengan rentang waktu yang sama sehingga dapat diketahui perbandingan serta pola keterkaitan antara peningkatan sedimen waduk dengan perubahan tutupan lahan dan kerapatan vegetasi.
3. Sebaiknya ditambahkan data tambahan lain seperti data curah hujan dan kelerengan untuk melihat pengaruhnya terhadap peningkatan sedimentasi waduk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amliana, D. R., Prasetyo, Y. dan Sukmono, A. 2016. *Analisis Perbandingan Nilai NDVI Landsat 7 Landsat 8 pada Kelas Tutupan Lahan*. Jurnal Geodesi Undip, Vol. 5 No.1 Tahun 2016: 2337-845X.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. CV Andi Offset. Jakarta.
- Heriza, Dewinta. 2018. *Analisis Perubahan Kualitas Perairan Danau Rawa Pening Periode 2013, 2015 dan 2017 dengan Menggunakan Data Citra Landsat 8 Multitemporal*. Jurnal Geodesi Undip, Vol.7 No.1 Januari 2018: 2337-845X.
- Malingreau, J.P. 1978. *Penggunaan Lahan Pedesaan Penafsiran Citra untuk Inventarisasi dan Analisisnya*. Pusat Pendidikan Interpretasi Citra Penginderaan Jauh dan Survey Terpadu UGM. Yogyakarta.
- Natsir, M. 2010. *Kendali Kualitas Tingkat Awal Produk Citra Penginderaan Jauh*. Jurnal LAPAN.
- Parwali, Ety. 2006. *Analisis Hubungan Penutup/Penggunaan Lahan dengan Total Suspended Matter (TSM) Kawasan Perairan Segara Anakan Menggunakan Data Inderaja*. Jurnal Penginderaan Jauh, Vol. 3 No.1 Juni 2006: 87-97.
- Setiyono, Bambang. 2006. *Deteksi Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat ETM+ di Daerah Aliran Sungai (DAS) Juwana, Jawa Tengah*. Skripsi Sarjana Kehutanan Departemen Manajemen Hutan Institut Pertanian Bogor.
- Supervisi Geoteknik dan Hidrologi. 2003. *Laporan Pelaksanaan Penyelidikan Sedimentasi Waduk PLTA PB. Soedirman Tahun 2003*. PT. Indonesia Power UP Mrica. Banjarnegara.
- Supervisi Geoteknik, Hidrologi dan Waduk. 2013. *Laporan Pelaksanaan Penyelidikan Sedimentasi Waduk PLTA PB. Soedirman Tahun 2013*. PT. Indonesia Power UP Mrica. Banjarnegara.
- Wahyuningrum, P. I. 2007. *Pengembangan Algoritma untuk Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Landsat 7 ETM+*. Tesis Magister Sains Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari, Dyah Ari. 2007. *Penanganan Sedimentasi Waduk Mrica*. Jurnal Ilmiah Teknik Keairan, Vol. 13, No.4 Desember 2007: 0854-4549.