

# ANALISA SPASIAL DINAMIKA MORFOMETRI WADUK MENGGUNAKAN DATA SATELIT MULTI TEMPORAL DI WADUK RAWA PENING PROVINSI JAWA TENGAH

Adiasti Rizqi Hardini, Muhammad Helmi, S.Si, M.Si<sup>\*</sup>, Bandi Sasmito, S.T, M.T<sup>\*</sup>

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp. (024) 76480785, 76480788

## ABSTRAK

Waduk Rawa Pening berada di antara jalan negara Semarang – Salatiga - Surakarta dan jalan Kabupaten antara Salatiga – Ambarawa yang terletak diantara jalan negara Semarang – Magelang – Yogyakarta, 32 km ke arah selatan dari kota Semarang dan 10 km ke arah utara dari kota Salatiga. Waduk Rawa Pening mempunyai peranan yang cukup penting sebagai pembangkit listrik tenaga air, bertani eceng gondok dan beternak ikan. Pertumbuhan eceng gondok yang semakin meningkat dari tahun ke tahun mengakibatkan perubahan morfometri waduk dan perubahan tutupan lahan disekitar Waduk Rawa Pening.

Penelitian ini menggunakan Peta Topografi skala 1:50.000 lembar Ambarawa no helai 47/XL-D, data citra satelit landsat TM 5 tahun 1990, landsat 7 ETM+ tahun 2000, ALOS AVNIR-2 tahun 2009 dan dilakukan dengan metode penginderaan jauh yaitu interpretasi manual untuk memperoleh peta tutupan lahan. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji dinamika morfometri Waduk Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah dalam periode  $\pm 10$  tahun dimulai dari tahun 1982 sampai dengan tahun 2009 dan mengkaji dinamika perubahan pola tutupan lahan di area sekitar Waduk Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahun 1982-1990 perubahan luas waduk sebesar 1051,85 Ha dan pola perubahan tutupan lahan yang terjadi yaitu perubahan sawah irigasi menjadi sawah dan permukiman menjadi air, pada tahun 1990-2000 perubahan luas waduk sebesar 305,24 Ha dan pola perubahan tutupan lahan yang terjadi yaitu perubahan air waduk menjadi sawah irigasi. serta tahun 2000-2009 perubahan luas waduk sebesar 392,97 Ha dan pola perubahan tutupan lahan yang terjadi yaitu perubahan air waduk menjadi sawah irigasi.

**Kata Kunci:** Dinamika Morfometri, Satelit Multi Temporal, Waduk Rawa Pening

## ABSTRACT

*Rawa Pening reservoir is located between Semarang-Salatiga-Surakarta state street and Salatiga-Ambarawa regency street between Semarang-Magelang-Yogyakarta state street, 32 km to the west of Semarang city and 10 km to the north of Salatiga city. Rawa Pening reservoir has important role as hydropower, eceng gondok farming and fish breeding. The increase of eceng gondok's growth from year to year caused changes in reservoir morphometry and changes in land cover around Rawa Pening reservoir.*

*This research use Topography Map in 1:50.000 scale Ambarawa sheet page number 47/XL-D, TM 5 year 1990 landsat satellite image data, 7 ETM+ year 2000 landsat, ALOS AVNIR-2 year 2009 and done with remote sensing method that is manual interpretation to obtain land cover map. The purpose of this research is to examine morphometry dynamic of Rawa pening reservoir in central java province in ten-year period starting from 1982 until 2009 and to examine the change dynamic of land cover pattern in the area around Rawa Pening reservoir in Central Java Province.*

*The result showed that in year 1982-1990, the changes in reservoir area was about 1051.85 Ha and the changes in land cover pattern happened were the changes in water became rice fiel, reice fiel became water and settlement became water, in year 1990-2000 the changes in reservoir area was about 305.24 Ha and the changes in land cover pattern happened was the changes in reservoir's water became irrigated rice field. And in year 2000-2009 the changes was about 392.97 Ha and the changes in land cover pattern happened was the changes in reservoir's water became irrigated rice field.*

**Keyword:** Morphometry Dynamic, Multitemporal Satellite, Rawa Pening Reservoir

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

Waduk adalah kolam besar tempat menyimpan air sediaan untuk berbagai kebutuhan. Waduk dapat terjadi secara alami maupun dibuat manusia. Waduk buatan dibangun dengan cara membuat bendungan yang kemudian dialiri air sampai waduk tersebut penuh. Waduk juga sering disebut danau buatan yang besar.

\*) Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Pada penelitian tugas akhir ini, lokasi yang di ambil berada di Waduk Rawa Pening. Secara geografis Waduk Rawa Pening berada di antara jalan negara Semarang – Salatiga - Surakarta dan jalan Kabupaten antara Salatiga – Ambarawa. Waduk Rawa Pening terletak 32 km ke arah selatan dari kota Semarang dan 10 km ke arah utara dari kota Salatiga. Secara astronomis terletak pada koordinat 7°04'00" - 7° 30'00" LS dan 110°24'46"-110°49'06" BT dan pada ketinggian 450 – 470 meter di atas permukaan air laut (Seri Data Pokok PSDA Provinsi Jateng 2006:I-1).

Permasalahan yang dihadapi oleh Waduk Rawa Pening adalah penurunan fungsi dan daya guna berbagai potensi dan aktifitas di kawasan sekitar waduk. Penurunan fungsi Waduk Rawa Pening di akibatkan pendangkalan oleh sedimentasi, serta penutupan tumbuhan gulma yaitu eceng gondok. Sedimentasi yang terus menerus akan mengakibatkan morfometri Waduk Rawa Pening mengalami pendangkalan, sehingga bentuk waduk yang menyempit tersebut akan berpengaruh pula dengan volume air yang ditampung, selain volume air waduk, proses sedimentasi mengakibatkan gulma eceng gondok semakin tumbuh subur, sedimentasi yang terus menerus juga mengakibatkan ikan-ikan yang hidup di dalam Waduk Rawa Pening mati serta berakibat pula pada perubahan lahan di sekitar waduk.

### **Perumusan Masalah**

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Dinamika Morfometri Waduk setiap tahun khususnya tahun 1982 sampai dengan tahun 2009?
2. Bagaimana pola perubahan tutupan lahan yang terjadi di sekitar Waduk Rawa Pening dalam kurun waktu tersebut?

### **Pembatasan Masalah**

Pembatasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, antara lain :

1. Dinamika morfometri waduk yang dilakukan pada penelitian ini dibatasi oleh kurun waktu perekaman citra satelit, yakni tahun 1982 sampai dengan 2009. Dinamika morfometri yang terjadi di luar batas waktu tersebut tidak dikaji dalam penelitian ini.
2. Dinamika perubahan tutupan lahan yang dikaji pada penelitian ini dibatasi pada area yang berupa perairan waduk, pada perekaman citra satelit pertama pada tahun 1982.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

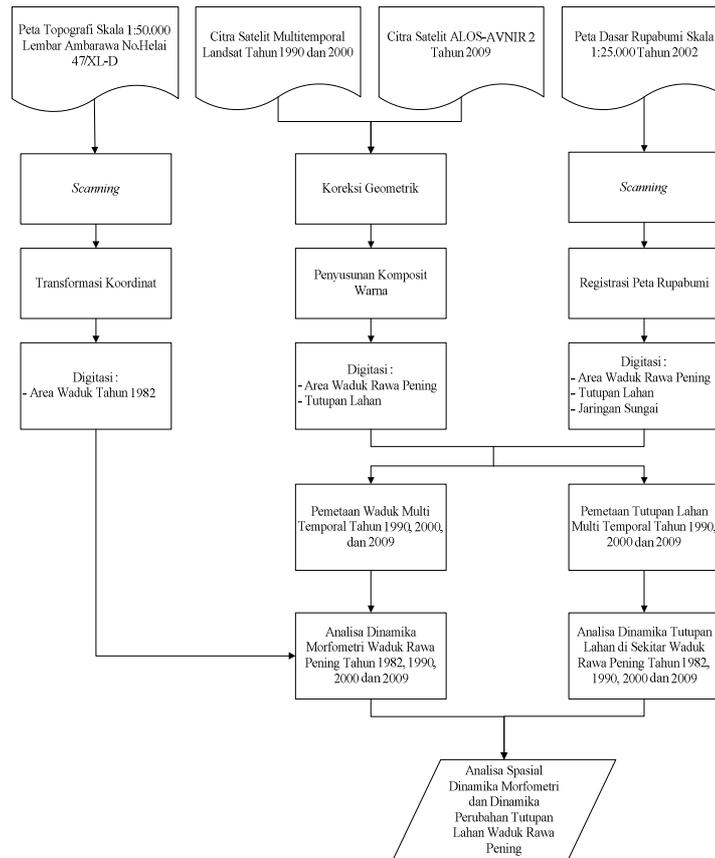
1. Mengkaji dinamika morfometri Waduk Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah dalam periode  $\pm 10$  tahun dimulai dari tahun 1982 sampai dengan tahun 2009
2. Mengkaji dinamika perubahan pola tutupan lahan di area sekitar Waduk Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Pengumpulan Data**

Data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Citra Landsat TM 5 Wilayah Waduk Rawa Pening perekaman tahun 1990 yang diperoleh dari download di [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov)
2. Citra Landsat 7 ETM+ Wilayah Waduk Rawa Pening perekaman tahun 2000 yang diperoleh dari download di [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov)
3. Citra Satelit ALOS AVNIR-2 Wilayah Waduk Rawa Pening perekaman tahun 2009 yang diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP, Semarang
4. Peta Rupabumi Skala 1 : 25.000 tahun 2002 yang diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP, Semarang
5. Peta Topografi skala 1 : 50.000 lembar Ambarawa No. Helai 47/XL - D Tahun 1982 Daerah Rawa Pening yang diperoleh dari KATOPDAM IV/ DIPONEGORO



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

### Pengolahan data

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penginderaan jauh untuk memperoleh peta tutupan lahannya, kemudian digunakan sistem informasi geografis untuk pengolahan data spasialnya.
2. Citra Landsat TM 5 dan Landsat 7 ETM+ hasil download dilakukan proses penggabungan Band agar lebih mudah dilakukan proses penyusunan komposit warna.
3. Citra Landsat TM 5 dan Landsat 7 ETM+ yang telah dilakukan proses penggabungan band, kemudian dilakukan proses pemotongan daerah penelitian menggunakan *software* ArcGIS 9.3.
4. Hasil pemotongan daerah penelitian kemudian dilakukan proses koreksi geometrik dengan metode rektifikasi dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta dengan membuat GCP pada citra. Proses rektifikasi dilakukan pada data citra Landsat TM 5, Landsat 7 ETM+ dan ALOS AVNIR-2 menggunakan *software* ArcGIS 9.3
5. Proses transformasi koordinat pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* Global Mapper 11 pada Peta Topografi skala 1:50.000 lembar Ambarawa no.helai 47/XL-D dengan tujuan untuk menyamakan sistem koordinat peta hasil *scan* dengan sistem koordinat bumi sebenarnya.
6. Pembuatan peta tutupan lahan dilakukan dengan melakukan interpretasi manual pada peta topografi skala 1 : 50.000 lembar Ambarawa no helai 47/XL-D, Landsat TM 5, Landsat 7 ETM+ dan ALOS AVNIR-2 dengan kombinasi RGB untuk memperoleh tampilan gambar citra yang jelas untuk keperluan interpretasi. Setelah proses interpretasi citra, dilakukan proses *digitasi on screen* untuk masing-masing data tahun 1982, 1990, 2000 dan 2009. Peta tutupan lahan tahun 1982, 1990, 2000 dan 2009 hasil digitasi kemudian dianalisis untuk mengetahui dinamika morfometri waduk tahun 1982, 1990, 2000 dan 2009, serta berapa besar perubahan tutupan lahan dan pola perubahan tutupan lahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Perubahan Luasan Waduk

Luas Waduk Rawa Pening pada tahun 1982 sampai tahun 2009 diperoleh dari hasil digitasi Peta Topografi skala 1:50.000 tahun 1982, citra landsat TM 5, landsat 7 ETM+ dan ALOS AVNIR-2 disajikan tabel dibawah ini :

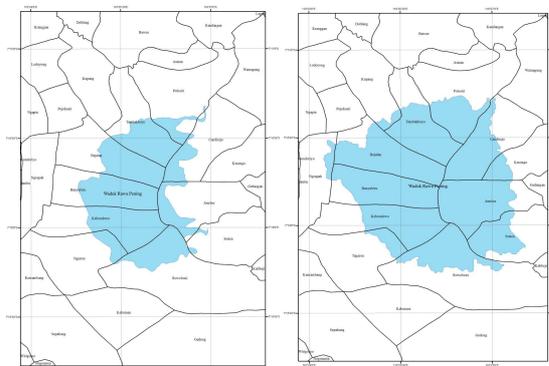
**Tabel 1.** Luas Waduk Rawa Pening Tahun 1982-2009

Tahun	Luasan (Ha)	Perubahan Tahun	Perubahan (Ha)
1982	1174,33	1982-1990	1051,85 (+)
1990	2226,18		
1990	2226,18	1990-2000	282,18 (-)
2000	1944		
2000	1944	2000-2009	392,97 (-)
2009	1527,97		

Keterangan :

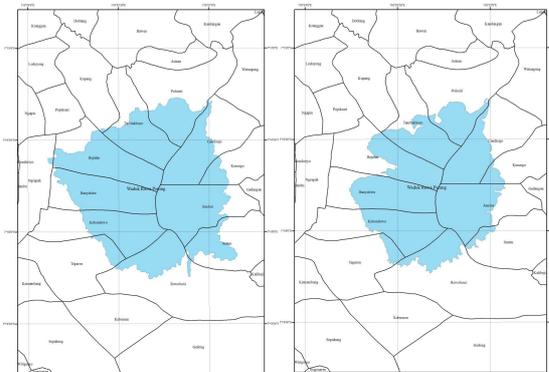
(+) : Waduk mengalami pelebaran

(-) : Waduk mengalami penyempitan



a. Waduk Rawa Pening Tahun 1982

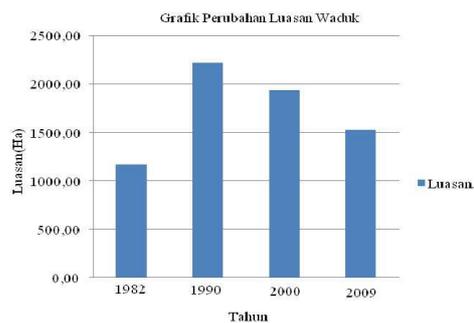
b. Waduk Rawa Pening Tahun 1990



c. Waduk Rawa Pening Tahun 2000

d. Waduk Rawa Pening Tahun 2009

**Gambar 2.** Waduk Rawa Pening Tahun 1982-2009



**Gambar 3.** Grafik Perubahan Luasan Waduk Rawa Pening Tahun 1982 – 2009

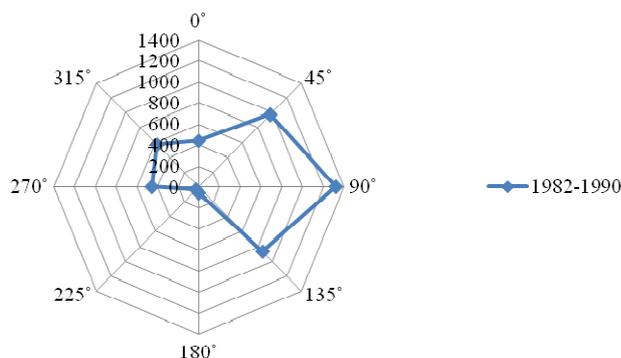
Luas Waduk Rawa Pening tahun 1982-2009 tersaji pada tabel 1 menunjukkan dinamika morfometri waduk. Pada tahun 1982-1990 luas waduk mengalami pelebaran, dan pada tahun 1990-2000 dan 2000-2009 mengalami penyempitan ukuran waduk. Faktor penyebab perubahan luasan waduk karena pertumbuhan eceng gondok yang mengakibatkan sedimentasi di dasar waduk bertambah.

**Perubahan Bentuk Waduk Tahun 1982-1990**

**Tabel 2.** Perubahan Arah Pergerakan Waduk Mulai Tahun 1982 sampai Tahun 1990

Perubahan Arah Waduk Tahun 1982 sampai Tahun 1990	
Derajat	Jarak Waduk Tahun 1982 & 1990 (m)
0°	438,82
45°	973,76
90°	1320,3
135°	871,05
180°	56,14
225°	36,71
270°	450,92
315°	565,56

**Perubahan Arah Waduk Tahun 1982-1990**



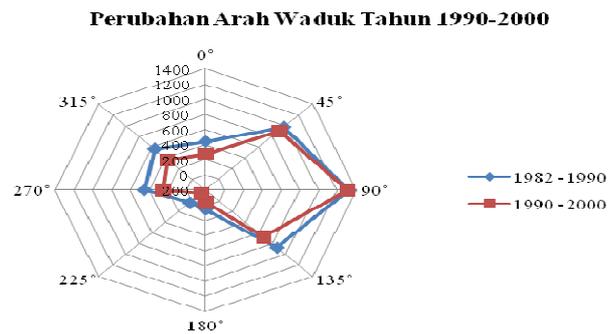
**Gambar 4.** Grafik Perubahan Arah Waduk Tahun 1982 sampai Tahun 1990

Jarak pergerakan terbesar terjadi ke arah timur atau berada pada sudut 90° dan yang sedikit berubah ke arah barat daya atau berada pada 225°. Arah perubahan bentuk waduk cenderung condong ke arah timur, timur laut dan tenggara, karena proses sedimentasi yang besar mengakibatkan pelebaran daratan menjadi air.

**Perubahan Bentuk Waduk Tahun 1990-2000**

**Tabel 3.** Perubahan Arah Pergerakan Waduk Mulai Tahun 1990 sampai Tahun 2000

Perubahan Arah Waduk Tahun 1990 sampai Tahun 2000		
Derajat	Jarak Waduk Tahun 1982 & 1990 (m)	Jarak Waduk Tahun 1990 & 2000 (m)
0°	438,82	281,56
45°	973,76	907,74
90°	1320,3	1306,74
135°	871,05	672,65
180°	56,14	-39,22
225°	36,71	-140,19
270°	450,92	253,28
315°	565,56	369,12



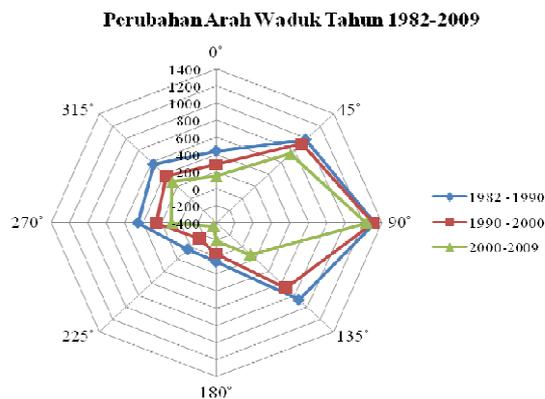
**Gambar 5.** Grafik Perubahan Arah Waduk Tahun 1990 sampai Tahun 2000

Jarak pergerakan terbesar terjadi ke arah tenggara atau berada pada  $135^\circ$  dan sedikit mengalami perubahan yaitu terjadi ke arah timur atau berada pada  $90^\circ$ . Arah perubahan bentuk waduk cenderung condong dari arah timur laut, timur dan tenggara, karena proses sedimentasi yang besar mengakibatkan penyempitan dari arah tersebut. Pada perubahan arah tahun 1990-2000 terjadi tarik menarik yang cukup besar antara sumbu barat laut dan arah tenggara.

**Perubahan Bentuk Waduk Tahun 2000-2009**

**Tabel 4.** Perubahan Arah Pergerakan Waduk Mulai Tahun 2000 sampai Tahun 2009

Perubahan Arah Waduk Tahun 2000 sampai Tahun 2009			
Derajat	Jarak Waduk Tahun 1982 & 1990 (m)	Jarak Waduk Tahun 1982 & 1990 (m)	Jarak Waduk Tahun 1982 & 1990 (m)
$0^\circ$	438,82	281,56	143,96
$45^\circ$	973,76	907,74	739,2
$90^\circ$	1320,3	1306,74	1233,14
$135^\circ$	871,05	672,65	123,64
$180^\circ$	56,14	-39,22	-191,6
$225^\circ$	36,71	-140,19	-352,02
$270^\circ$	450,92	253,28	85,35
$315^\circ$	565,56	369,12	279,24



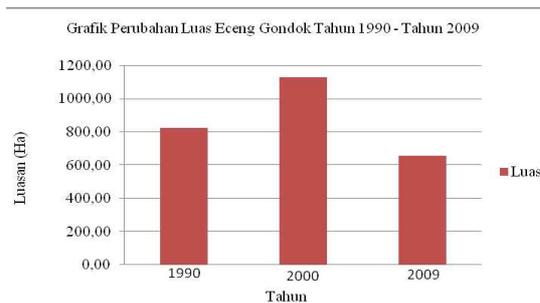
**Gambar 6.** Grafik Perubahan Arah Waduk Tahun 2000 sampai Tahun 2009

Jarak pergerakan terbesar terjadi pada arah tenggara atau sudut sebesar  $135^\circ$  dan sedikit mengalami perubahan pada arah timur atau berada pada sudut  $90^\circ$ . Arah perubahan bentuk waduk cenderung condong ke arah tenggara, barat daya dan timur laut, karena proses sedimentasi yang besar mengakibatkan penyempitan dari arah tersebut.

**Analisis Perubahan Luas Eceng Gondok**

**Tabel 5.** Tabel Hasil Presentase Luas Eceng Gondok

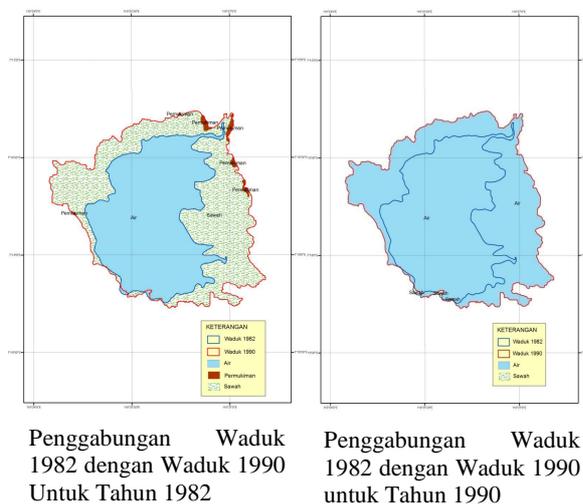
Tahun	Luas (Ha)
1990	821,11
2000	1128,37
2009	657,51



**Gambar 7.** Grafik Perubahan Luas Eceng Gondok Tahun 1990 Sampai Tahun 2009

Pada tahun 1982 tidak terlihat tanaman eceng gondok pada Peta Topografi Lembar Ambarawa No Helai 47/XL-D skala 1 : 50.000 Perubahan ini hasil digitasi data citra satelit landsat tahun 1990, landsat 2000 dan ALOS AVNIR-2 tahun 2009 karena pertumbuhan eceng gondok selalu meningkat tiap bulan, sehingga luasan hasil digitasi citra merupakan luasan eceng gondok yang tidak mutlak untuk tiap tahun, selain itu untuk mengurangi pertumbuhan populasi eceng gondok di Waduk Rawa Pening dilakukan usaha pengerukan tumbuhan eceng gondok agar tingkat sedimentasi dari tumbuhan eceng gondok tidak terlalu besar tiap tahunnya.

**Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1982 dan Tahun 1990**



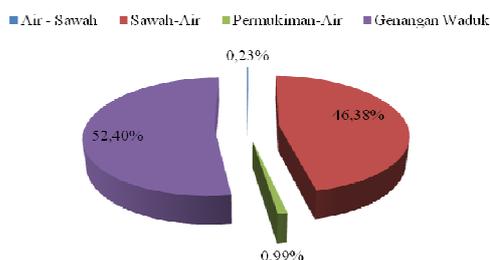
**Gambar 8.** Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1982 dan Tahun 1990

Setelah diketahui perubahan tutupan lahan pada masing-masing tahun, kemudian dilakukan analisis perubahan tutupan lahan yang terjadi dari tahun 1982 sampai dengan tahun 1990. Perubahan tutupan lahan yang terjadi tahun 1982 sampai dengan tahun 1990 di sajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

**Tabel 6.** Presentase Perubahan Waduk Pada Tahun 1982 – 1990

Perubahan	Status	Luas	Presentase (%)
Air - Sawah	Berubah	5,16	0,23
Sawah-Air	Berubah	1034,81	46,38
Permukiman-Air	Berubah	22,2	0,99
Genangan Waduk	Tetap	1169,17	52,40
<b>Total</b>		<b>2231,34</b>	

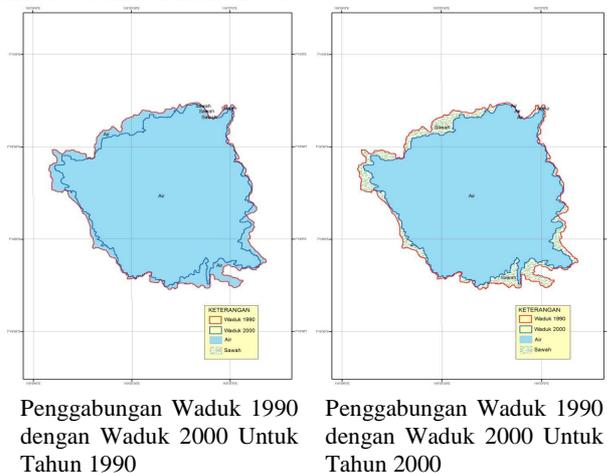
Grafik: Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1982 - Tahun 1990



**Gambar 9.** Grafik Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1982 sampai Tahun 1990

Hasil dari grafik analisa perubahan tutupan lahan waduk tahun 1982 sampai dengan tahun 1990 diperoleh perubahan tutupan lahan yang berubah adalah air tahun 1982 menjadi sawah tahun 1990 sebesar 0,23%, sawah tahun 1982 berubah menjadi air tahun 1990 sebesar 46,38%, permukiman tahun 1982 menjadi air tahun 1990 sebesar 0,99% dan genangan waduk sebesar 52,40%.

**Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990 dan Tahun 2000**



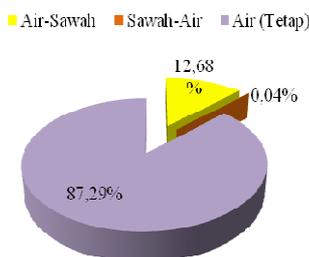
**Gambar 10.** Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990 dan Tahun 2000

Setelah diketahui perubahan tutupan lahan pada masing-masing tahun, kemudian dilakukan analisis perubahan tutupan lahan yang terjadi dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2000. Perubahan tutupan lahan yang terjadi tahun 1990 sampai dengan tahun 2000 di sajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

**Tabel 7.** Presentase Perubahan Waduk Pada Tahun 1982 – 1990

Perubahan	Status	Luas	Presentase (%)
Air-Sawah	Berubah	282,18	0,57
Sawah-Air	Berubah	0,86	0,04
Genangan Waduk	Tetap	1944,00	87,29
<b>Total</b>		<b>2226,18</b>	

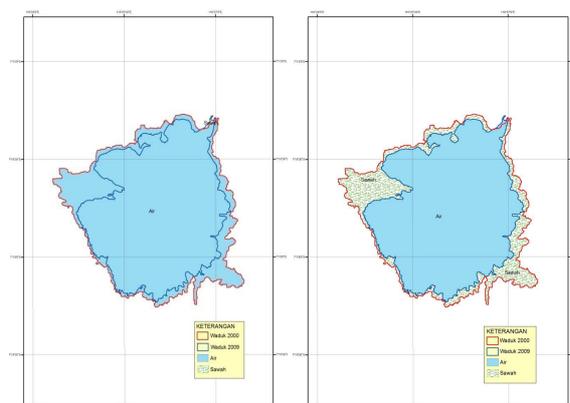
Grafik Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990 - Tahun 2000



**Gambar 11.** Grafik Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 1990 sampai Tahun 2000

Hasil dari grafik analisa perubahan tutupan lahan waduk tahun 1990 sampai dengan tahun 2000 diperoleh perubahan tutupan lahan yang berubah adalah air menjadi sawah tahun 2000 dengan presentase 12,68%, perubahan sawah tahun 1990 menjadi air tahun 2000 yaitu dengan presentase 0,04% dan genangan waduk adalah hasil air 2000, tetapi karena ada daerah yang pada tahun 1990 menjadi sawah dan tahun 2000 menjadi air sehingga, luas genangan waduk termasuk ke dalam luas waduk 2000 yaitu dengan presentase 87,29%.

## Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000 dan Tahun 2009



Penggabungan Waduk  
2000 dengan Waduk 2009  
Untuk Tahun 2000

Penggabungan Waduk  
2000 dengan Waduk 2009  
Untuk Tahun 2009

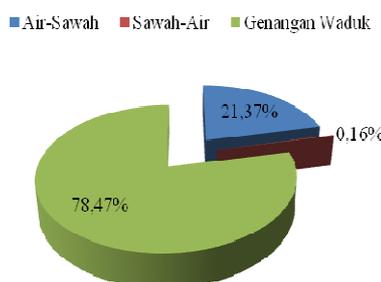
**Gambar 12.** Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000 dan Tahun 2009

Setelah diketahui perubahan tutupan lahan pada masing-masing tahun, kemudian dilakukan analisis perubahan tutupan lahan yang terjadi dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2009. Perubahan tutupan lahan yang terjadi tahun 2000 sampai dengan tahun 2009 di sajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

**Tabel 8.** Presentase Perubahan Waduk Pada Tahun 2000-2009

Perubahan	Status	Luas	Presentase (%)
Air-Sawah	Berubah	416,03	21,37
Sawah-Air	Berubah	3,1	0,16
Genangan Waduk	Tetap	1527,97	78,47
<b>Total</b>		<b>1947,10</b>	

Grafik Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000 - Tahun 2009



**Gambar 13.** Grafik Presentase Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000 sampai Tahun 2009

Hasil dari grafik analisa perubahan tutupan lahan waduk tahun 2000 sampai dengan tahun 2009 diperoleh perubahan tutupan lahan air menjadi sawah dengan presentase 21,37%, sawah menjadi air sebesar 1,16% dan genangan waduk yaitu dengan presentase 78,47%.

### Validasi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode *Confusion Matrik*

Analisa uji akurasi dari hasil interpretasi citra satelit yang telah dilakukan menggunakan Metode *Confusion Matrik*. Metode *Confusion Matrik* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui keakuratan pengolahan data dalam penelitian ini. Data yang dijadikan uji akurasi ini diperoleh dari hasil *tracking* di lapangan atau dengan

cara pengambilan sampel di lapangan. *Tracking* dilakukan untuk mencocokkan data hasil survei lapangan dengan hasil interpretasi citra satelit. Data hasil pengambilan sampel di lapangan kemudian dilakukan perhitungan matriks untuk mengetahui seberapa besar nilai akurasi hasil survei lapangan dengan hasil interpretasi citra. Uji validasi ini sangat penting dilakukan untuk menunjang hasil analisa selanjutnya. Perbandingan hasil interpretasi citra dengan kondisi tutupan lahan dilapangan disajikan dalam tabel berikut :

**Tabel 3.25.** Hasil Uji Validasi Menggunakan Metode *Confusion Matriks*

Survei Lapangan	Hasil Interpretasi		Total	Omisi	MA (%)
	Waduk	Sawah Irigasi			
Waduk	17	2	19	2	89,47
Sawah Irigasi	4	20	24	4	83,33
Total	21	22	43	6	75,51
Komisi	4	2	6	13,64	
Overall Accuracy			86,05		

#### Keterangan:

*Overall Accuracy* : Akurasi untuk seluruh hasil pemetaan

Omisi : Jumlah sel X yang masuk kelas lain

Komisi : Jumlah sel X tambahan dari kelas lain

MA : Ketelitian Pemetaan

17 : Nilai Sel X yang benar

#### KESIMPULAN

Dari pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Morfometri Waduk Rawa Pening pada tahun 1982-1990 mengalami pelebaran ukuran waduk sedangkan dari tahun 1990-2009 mengalami penyempitan ukuran waduk.
2. Pola perubahan penggunaan tutupan lahan yang terjadi selama tahun 1982 sampai dengan tahun 1990 adalah kombinasi perubahan air-sawah, sawah-air, permukiman-air. Tahun 1990 sampai tahun 2000 kombinasi perubahan berupa air-sawah, sawah-air.. Pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2009 kombinasi perubahan berupa air-sawah, sawah-air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ardhinaistuti, Prilia. 2010. *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan DAS Serang Terhadap Tingkat Sedimentasi di Waduk Kedung Ombo*. Tugas Akhir. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Arief, Mochamad Budihardjo dan Setiyo, Haryono Huboyo. 2007. *Pola Persebaran Nitrat dan Phosphat dengan Model AQUATOX 2.2 serta Hubungan Terhadap Tanaman Eceng Gondok pada Permukaan Waduk (Studi Kasus Waduk Rawa Pening Kabupaten Semarang)*. Jurnal Presipitasi. Semarang : Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- JAXA. 2007. *ALOS: User Handbook*. Earth Observation Research Center. Japan Aerospace Exploration Agency. Japan
- Jensen, J.R. 2000. *Remote Sensing of the Environmental Earth Resource Perspective*. Prentice Hall. New Jersey-USA.
- Larasati, Dhinar. 2011. *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai terhadap Peningkatan Debit maksimum di Sungai Bodri Kabupaten Kendal*. Tugas Akhir. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Lillesand, dan Kiefer. 1990. *Remote Sensing and Image Interpretation*. University of Wisconsin Madison.
- Meurah, C. 2009. *Modul Penginderaan Jauh*. Semarang.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Praktis Penginderaan Jauh & Pengolahan Citra Dijital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper*, Informatika Bandung, Bandung.
- Prasetyo, Yudo dan Laila, Arif Nugraha. 2006. *Analisis Tata Guna Lahan Kawasan Waduk Kedungombo Menggunakan Citra Satelit Landsat Tahun 1998 dan 2002*. Pertemuan Ilmiah Tahunan III. Surabaya.
- Purwadh, F.S.H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*, PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.