

# PENGGUNAAN CITRA ASTER DALAM IDENTIFIKASI PERUNTUKAN LAHAN PADA SUB DAS LESTI (KABUPATEN MALANG)

Leo Arbi Wibowo<sup>1)</sup>, Mohammad Sholichin<sup>2)</sup>, Rispiningtati<sup>2)</sup>, Runi Asmaranto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia; leo2my@yahoo.com; leo3my@gmail.com

<sup>2)</sup> Pengajar, Program Studi Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

**Abstrak:** Indikator gangguan keseimbangan siklus hidrologi di DAS ditandai dengan banyaknya kejadian banjir; tanah longsor; kekeringan dan pencemaran kualitas air. sub DAS Lesti merupakan bagian Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas yang terdapat di bagian hulu dan merupakan sub DAS prioritas yang mempunyai permasalahan terhadap kerusakan lahan, erosi dan tanah longsor. Banyak upaya yang bisa dilakukan dalam rangka mengembalikan keseimbangan siklus hidrologi pada DAS agar kualitas dan kuantitas sumber air dapat terjaga, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan cara penetapan daerah kritis dimana nantinya akan digunakan sebagai acuan penetapan daerah-daerah prioritas untuk dilakukan penanganan. Upaya ini sekaligus meningkatkan produktifitas, pendapatan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat pada daerah hulu. Dalam penentuan kekritisian lahan dan arahan konservasi pada sub DAS Lesti, diperlukan beberapa data pendukung, salah satu data yang paling penting adalah data penggunaan lahan. Untuk mendapatkan peta penggunaan lahan pada sub DAS Lesti, salah satu cara yang dapat dipergunakan adalah dengan melakukan interpretasi citra ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) yang diperoleh dari satelit TERRA. Penggunaan citra ASTER dalam identifikasi peruntukan lahan sangat mungkin dilakukan dengan memanfaatkan sub sistem VNIR (Visible and Near-Infrared Radiometer) yang memiliki resolusi spasial sampai dengan 15 meter diatas permukaan tanah.

**Kata Kunci:** Peta Topografi, DAS, Citra ASTER, Klasifikasi, Peta Peruntukan Lahan.

**Abstract:** The indicator impaired balance the hydrologic cycle in watershed was characterized by the number of occurrences of floods, landslides, droughts and pollution of water quality. Lesti sub-watershed was part watershed Brantas contained in the upstream sub-watershed is a priority and having problems against land degradation, erosion and landslides. A lot of effort can be done in order to restore the balance of the hydrological cycle in the watershed so that the quality and quantity of water resources are maintained, one of the efforts that can be done is by way of determination of critical areas which will be used as a reference for determining priority areas for the handling. This effort while increasing productivity, income and socio-economic conditions of the people in the uplands. In determining the criticality of land and conservation directives Lesti sub-watershed, needed some supporting data, one of the most important data is the data of land use. To get land use map in the sub-watershed Lesti, one way that can be used is to perform image interpretation ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) obtained from TERRA satellite. The use of ASTER imagery in the identification of land use is feasible by using sub-system VNIR (Visible and Near-Infrared Radiometer), which has a spatial resolution up to 15 meters above the ground.

**Key words:** Topography map, Watershed, ASTER image, Classification, Land Use Map.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) merupakan sensor generasi terbaru yang dikembangkan untuk melakukan observasi permukaan bumi dalam rangka monitoring lingkungan hidup dan sumber daya alam oleh Mi-

nistry of Economy, Trade and Industry (Jepang) yang diluncurkan oleh platform Amerika yang bernama Terra. Penggunaan citra ASTER diharapkan cukup memadai untuk klasifikasi jenis peruntukan lahan utama di dalam Daerah Aliran Sungai.

Penggunaan citra ASTER sudah banyak dilakukan untuk berbagai keperluan, diantaranya untuk kajian geomorfologi yang terdapat dalam jurnal PIT MAPIN XVII yang terbit pada 10 Desember 2008 dengan judul teknik pemrosesan citra digital ASTER untuk kajian geomorfologi pada daerah Gunung Merapi, atau dalam hal pengembangan permukiman yang tertera dalam karya tulis dengan judul pemanfaatan citra ASTER dan sistem informasi geografis untuk menentukan lokasi potensial pengembangan permukiman yang dilakukan pada daerah Kabupaten Magelang, yang diterbitkan pada tanggal 23 Desember 2011, ataupun dipergunakan dalam identifikasi peruntukan lahan seperti yang tertera dalam jurnal media teknik sipil volume IX yang diterbitkan pada Januari 2009 dengan judul identifikasi dan klasifikasi peruntukan lahan menggunakan citra ASTER” yang dilakukan pada daerah aliran sungai Sampeyan.

### Sub sistem dan Spesifikasi Band ASTER

Citra ASTER berjalan dibawah payung *Earth Observing System* (EOS) ditujukan untuk melakukan observasi permukaan bumi dalam rangka monitoring lingkungan hidup dan sumber daya alam pada level global ([www.aster-indonesia.com](http://www.aster-indonesia.com)). ASTER terdiri atas tiga sub sistem yang berbeda, yaitu *Visible and Near-Infrared Radiometer* (VNIR), *Short Wavelength Infrared Radiometer* (SWIR), dan *Thermal Infrared Radiometer* (TIR).

### Penggunaan Citra ASTER

Dalam penggunaannya citra ASTER telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan seperti beberapa diantaranya adalah karakteristik spectral mineral dan batuan dengan memanfaatkan sub sistem TIR, klasifikasi peruntukan lahan memanfaatkan sub sistem VNIR, klasifikasi jenis tanah memanfaatkan sub sistem SWIR, monitoring aktivitas gunung berapi dengan kombinasi sub sistem VNIR dan SWIR, pemetaan tumbuhan di daerah kering dan basah memanfaatkan kombinasi sub sistem VNIR dan SWIR, monitoring suhu permukaan laut dengan memanfaatkan sub sistem TIR, dan identifikasi peruntukan lahan menggunakan kombinasi sub sistem VNIR dan SWIR. Salah satu tujuan dalam penelitian bertujuan untuk mengelompokkan pixel-pixel citra ke dalam salah satu kelas peruntukan lahan ([www.aster-indonesia.com](http://www.aster-indonesia.com)).

**Tabel 1. Karakteristik sensor dan band pada citra ASTER.**

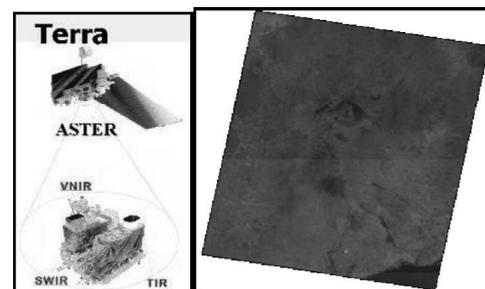
Sub sistem	Band	Spectral Range (µm)	Resolusi Spasial (m)	Potensi Aplikasi
VNIR	1	0,520-0,600	15	Deskripsi tipe tanah, Identifikasi vegetasi
	2	0,630-0,690		
	3N	0,780-0,860		
	3B	0,780-0,860		
SWIR	4	1,600-1,700	30	Identifikasi sumberdaya air, Delineasi garis pantai, Deskripsi jenis-jenis Batuan dan mineral
	5	2,145-2,185		
	6	2,185-2,225		
	7	2,235-2,285		
	8	2,295-2,365		
TIR	9	2,360-2,430	90	Semua aplikasi yang berbasis suhu permukaan
	10	8,125-8,475		
	11	8,475-8,825		
	12	8,925-9,275		
	13	10,250-10,950		
	14	10,950-11,650		

Sumber: [www.aster-indonesia.com](http://www.aster-indonesia.com).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan, Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini dipergunakan data citra ASTER pada wilayah Sub DAS Lesti dengan tahun perekaman 2011. Interpretasi citra dalam penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2013 di Universitas Brajajaya, Malang.



**Gambar 1. Foto Citra Satelit ASTER Sub DAS Lesti tahun 2011.**

### Tahapan Penelitian

1. Tahapan Pembuatan Batas Sub DAS Lesti
  - a. Mempersiapkan Peta Topografi dan Peta Sungai Digital Skala 1:25.000
 

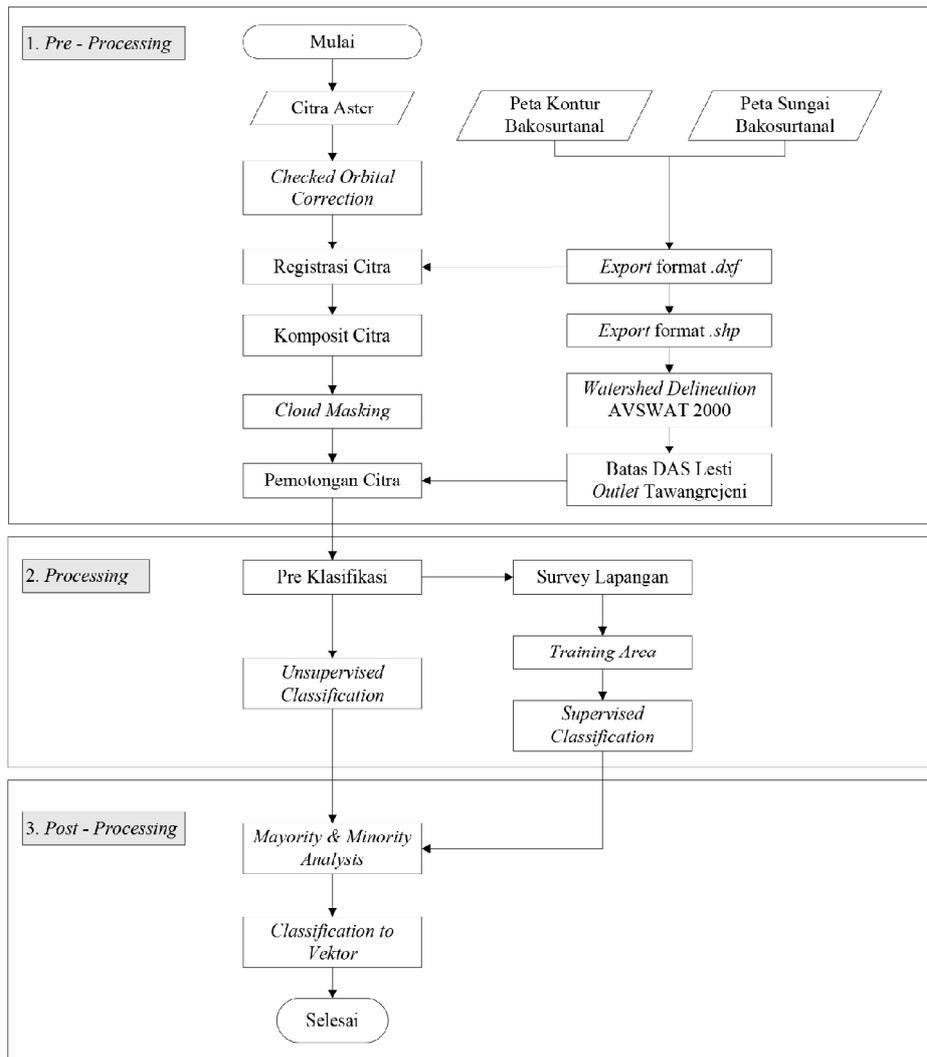
Dalam pembuatan batas DAS dengan menggunakan bantuan software AVSWAT (*ArcView Soil and Water Assessment Tool*) 2000, diperlukan persiapan data yang meliputi penggabungan peta kontur, pemeriksaan terhadap garis kontur, ekspor file (\*.dwg) ke dalam bentuk *shape file* (\*.shp).

- b. Pembuatan Batas DAS dengan *Automatic Delineation* AVSWAT 2000  
Pembuatan batas DAS dilakukan dengan menjalankan perintah *automatic delineation* dalam program AVSWAT, dimana membutuhkan data DEM (dalam bentuk grid), peta sungai, dan *outlet* (dalam penelitian ini dipergunakan *outlet* pada Jembatan Tawangrejeni).
2. Tahapan Interpretasi Citra Aster  
Pada proses interpretasi ini tidak lepas dari proses identifikasi dan evaluasi kondisi lahan pada sub DAS Lesti yang didapat dari survey lapangan. Proses pengolahan citra ASTER dibedakan menjadi tiga tahap utama yaitu *pre processing*, *processing* dan *post processing*.
  1. Tahap *Pre Processing*
    - a. Registrasi Citra  
Proses ini bertujuan mensuperposisikan (*overlay*) data citra dengan layer GIS yang sudah tergeoreferensi atau sudah diketahui koordinat dan sistem proyeksinya, dalam penelitian ini dipergunakan peta BAKOSURTANAL dengan layer jalan dan sungai.
    - b. Komposit Citra  
Komposit citra bertujuan untuk menentukan komposisi RGB (*Red, Green, Blue*) dari citra yang akan dilakukan analisa, sehingga objek dalam citra dapat dikenali secara *unsupervised* dan nantinya dibandingkan dengan pengamatan dilapangan (*supervised*).
    - c. Pemotongan Citra  
Pemotongan citra bertujuan untuk mendapatkan citra dengan bentuk DAS yang diinginkan. Pemotongan citra dilakukan menggunakan batas DAS dalam bentuk vektor yang sudah dibuat dengan menggunakan *watershed delineation* pada AVSWAT 2000, dalam studi ini dipergunakan batas DAS dengan format *shape file (\*.shp)*.
  2. Tahap *Processing*  
Klasifikasi tematik citra ASTER dilakukan menggunakan 2 metode, yaitu klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) dan klasifikasi terbimbing (*supervised*). (Prahasta E.: Maret 2008).
    - a. *Unsupervised Classification*  
Klasifikasi tidak terbimbing merupakan proses pengelompokan pixel-pixel pada citra menjadi beberapa kelas menggunakan analisa cluster (*cluster analysis*) menggunakan metode *Iso Data*. Sampai disini peta citra dapat diinterpretasikan menjadi beberapa tata guna lahan misalkan, lahan terbuka, lahan tertutup vegetasi, lahan hutan.
    - b. *Supervised Classification*  
Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan pixel-pixel berdasarkan hasil survey. Tahap ini merupakan identifikasi dan klasifikasi pixel-pixel melalui *training area*, selanjutnya tataguna lahan lebih didetailkan lagi berdasarkan survey kondisi lapangan. Misalkan untuk kawasan vegetasi dapat dirinci lebih detail menjadi lahan persawahan padi, perkebunan kopi, perkebunan teh dan lain-lainya.
  3. Tahap *Post Processing*  
*Post processing* bertujuan untuk meningkatkan tingkat akurasi hasil analisa klasifikasi. Tahap ini terdiri dari *majority analysis* dan *Exporting Classes To Vector Layers*.
    - a. *Majority & Minority Analysis*  
Dua cara analisa yang dapat digunakan, yaitu metode *majority* dan metode *minority*. Metode *majority* merupakan metode yang mengubah pixel yang tadinya belum terklasifikasi ke dalam klas terdekat yang mayoritas. Metode *minority*, adalah metode yang mengubah *pixel* yang tadinya belum terklasifikasi ke dalam klas terdekat yang minoritas.
    - b. *Classification to Vektor*  
Untuk dapat mempermudah mengolah hasil interpretasi citra yang sudah dilakukan, maka file citra perlu diubah menjadi bentuk vektor.

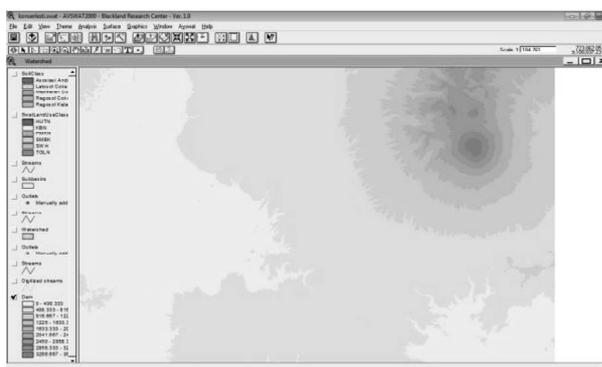
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Batas Sub DAS Lesti

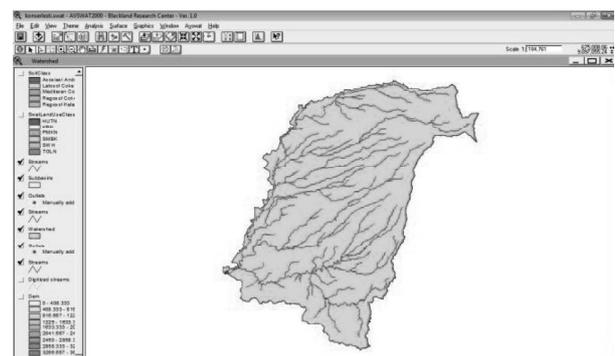
- a. Mempersiapkan Peta Topografi dan Peta Sungai Digital Skala 1:25.000  
Peta topografi perlu dilakukan persiapan untuk memastikan bahwa garis kontur terhubung secara sempurna. Proses selanjutnya membuat DEM dari peta kontur tersebut, seperti tampak pada Gambar 3.



**Gambar 2. Diagram alir interpretasi citra ASTER pada Sub DAS Lesti.**



**Gambar 3. Tampilan Digital Elevation Model (DEM).**



**Gambar 4. Hasil proses watershed delineation dengan outlet Jembatan Tawangrejensi.**

b. Pembuatan Batas DAS dengan *Automatic Delineation AVSWAT 2000*

Pembuatan batas Sub DAS Lesti dilakukan dengan bantuan *Arcview GIS 3.3* dengan *extensions AVSWAT 2000*.

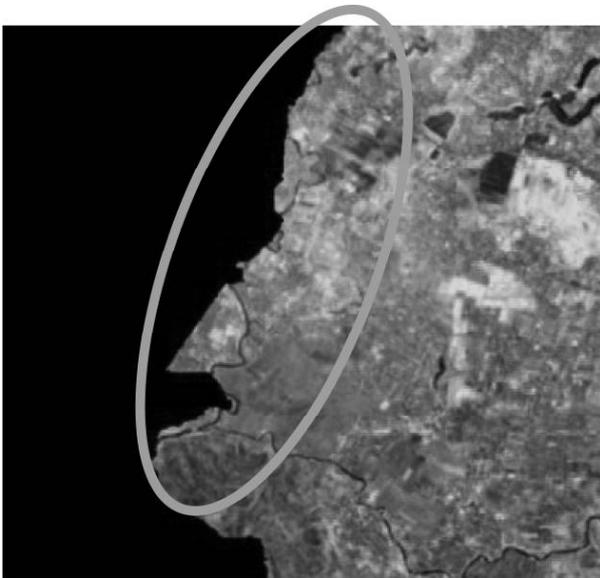
**Interpretasi Citra**

1. Tahap *Pre Processing*

a. Registrasi Citra

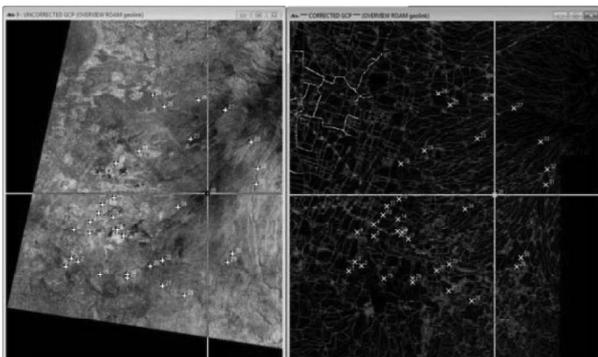
Pengecekan data citra berguna untuk memastikan apakah data citra sudah teregis-

trasi secara sempurna baik lokasinya maupun posisi citra terhadap utara-selatan. Dari hasil pengecekan data citra dapat diperoleh informasi bahwa titik sembarang pada citra yang diperoleh sudah berada pada posisi  $7^{\circ}53'12,925''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}11'2,66''\text{BT}$ , sedangkan Sub DAS Lesti berada yaitu pada koordinat  $7^{\circ}40' - 7^{\circ}55'\text{LS}$  dan  $112^{\circ}10' - 112^{\circ}25'\text{BT}$ , sehingga secara geometris sudah dapat dikatakan sesuai. Pengecekan dilanjutkan dengan memotong citra dengan menggunakan batas Sub DAS Lesti yang diperoleh dari automatic delineation, dapat dilihat pada gambar dibawah ternyata citra masih belum terregistrasi secara sempurna, sehingga proses registrasi harus dilakukan.



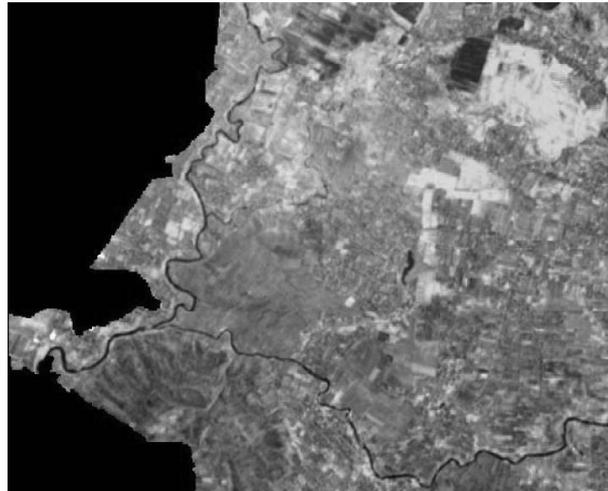
Gambar 5. Citra yang belum terregistrasi secara sempurna, sehingga memotong alur sungai didalamnya.

Proses registrasi menggunakan bantuan software ER Mapper 7.0, dengan menggunakan perintah *Geocoding Wizard*.



Gambar 6. Tampilan *GCP Edit* dengan 35 titik kontrol yang sudah ditambahkan.

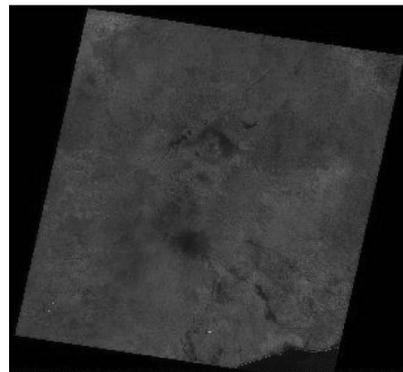
Didapatkan hasil registrasi citra sebagai berikut:



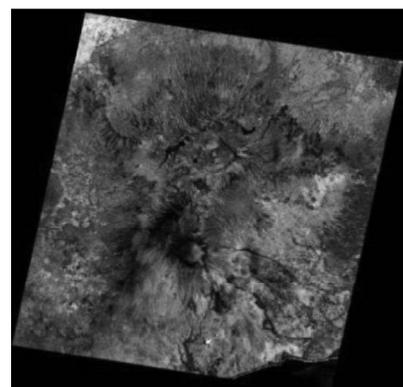
Gambar 7. Hasil registrasi citra sesuai dengan peta BAKOSURTANAL.

b. Komposit Citra

Dalam proses komposit citra ASTER untuk mendapatkan peta penggunaan lahan, band yang dipakai dalam *algorithm RGB (Red, Green, Blue)* adalah band jenis VNIR dengan komposisi *Red layer = VNIR Band 2, Green layer = VNIR Band 3, dan Blue layer = VNIR Band 1*.

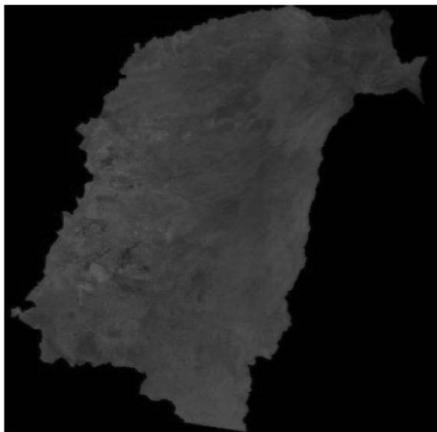


Gambar 8. Citra sebelum proses komposit.



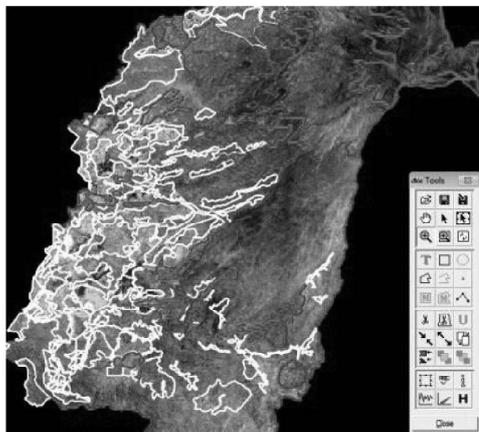
Gambar 9. Citra sesudah proses komposit

- c. Cloud Masking  
Proses *cloud masking* pada penelitian ini tidak dilakukan karena pada citra tidak ditemukan kumpulan awan.
- d. Pemotongan Citra  
Pemotongan citra dilakukan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan batas Sub DAS Lesti. Proses pemotongan ini memerlukan batas DAS dalam bentuk vektor yang telah diperoleh sebelumnya dari proses *automatic delineation*, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:



**Gambar 10.** Citra yang sudah terpotong sesuai dengan batas Sub DAS Lesti.

- 2. Tahap *Processing*
  - a. Klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*)  
Klasifikasi tidak terbimbing pada studi ini menggunakan teknik interpretasi visual dan dilakukan secara digital. Interpretasi visual dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan warna dan rona yang terdapat pada citra.



**Gambar 11.** Proses klasifikasi tidak terbimbing pada Sub DAS Lesti.

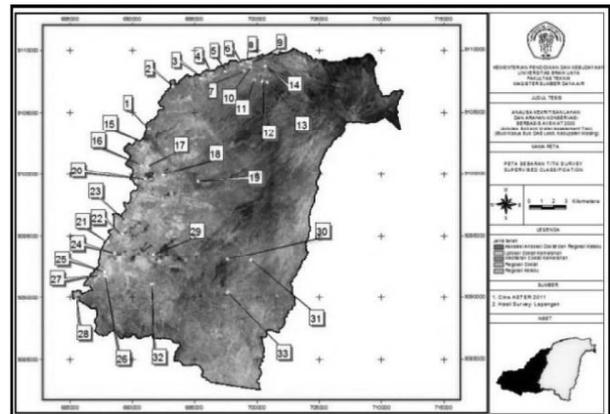
Klasifikasi tidak terbimbing menghasilkan penggunaan lahan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil klasifikasi tidak terbimbing.

No.	Peruntukan Lahan	Luas (ha)
1	Hutan	5132.38
2	Ladang/Tegalan	17629.52
3	Perkebunan	5891.78
4	Permukiman	2992.71
5	Sawah	2012.38
6	Semak Belukar	4489.53

Sumber: pengolahan data.

- b. Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*)  
Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan pixel-pixel berdasarkan hasil survey. Tahap ini merupakan identifikasi dan klasifikasi pixel-pixel melalui *training area*, selanjutnya tataguna lahan lebih didetailkan lagi berdasarkan survey kondisi lapangan.  
Hasil interpretasi tidak terbimbing dibandingkan dengan hasil pengamatan dan didapatkan tingkat keakuratan interpretasi sebesar 84,85%. Hasil interpretasi yang tidak sama dengan pengamatan pada *training area*, kemudian dikoreksi untuk disesuaikan dengan hasil pengamatan.



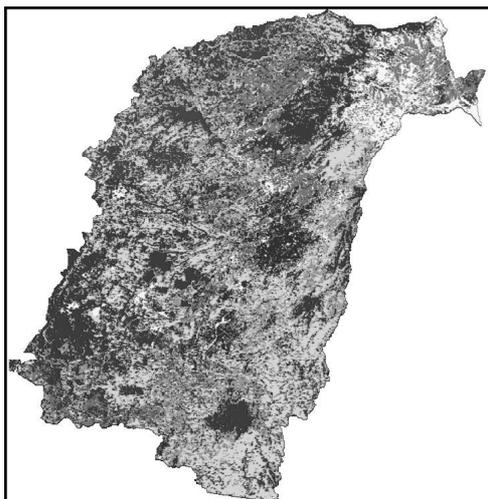
**Gambar 12.** Sebaran 33 titik pengamatan di lokasi studi.

Sehingga didapatkan hasil *supervised classification* yang tampak seperti Gambar 13 dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan hasil klasifikasi titik terbimbing dengan pengamatan

No. Lokasi	Koordinat		Hasil		
	absis	ordinat	Interpretasi	Pengamatan	Keterangan
1	-8.1050	112.7363	Permukiman	Permukiman	OK
2	-8.0743	112.7537	Perkebunan	Perkebunan, Hutan Sengon	OK
3	-8.0684	112.7744	Sawah	Sawah, Perkebunan	OK
4	-8.0645	112.7818	Tegalan	Tegalan, Hutan	OK
5	-8.0632	112.7921	Hutan	Sawah	Tidak
6	-8.0578	112.8038	Tegalan	Sawah	Tidak
7	-8.0633	112.8057	Perkebunan	Perkebunan Tebu, Apel	OK
8	-8.0560	112.8081	Permukiman	Permukiman	OK
9	-8.0569	112.8109	Tegalan	Tegalan	OK
10	-8.0605	112.8105	Perkebunan	Perkebunan Tebu	OK
11	-8.0696	112.8130	Tegalan	Tegalan	OK
12	-8.0704	112.8193	Tegalan	Tegalan, Hutan	OK
13	-8.0709	112.8226	Hutan	Hutan	OK
14	-8.0593	112.8212	Perkebunan	Perkebunan Apel, Jeruk	OK
15	-8.1150	112.7318	Sawah	Sawah	OK
16	-8.1317	112.7310	Tegalan	Tegalan	OK
17	-8.1326	112.7360	Perkebunan	Perkebunan Tebu	OK
18	-8.1392	112.7474	Permukiman	Permukiman	OK
19	-8.1439	112.7725	Tegalan	Tegalan, Permukiman	OK
20	-8.1424	112.7335	Sawah	Sawah, Permukiman	OK
21	-8.1882	112.7069	Permukiman	Tegalan	Tidak
22	-8.1825	112.7171	Permukiman	Permukiman, Tegalan	OK
23	-8.1734	112.7197	Permukiman	Sawah	Tidak
24	-8.1962	112.7117	Sawah	Sawah	OK
25	-8.2106	112.7046	Permukiman	Permukiman	OK
26	-8.2140	112.7054	Tegalan	Tegalan, Perkebunan Tebu	OK
27	-8.2134	112.7002	Sawah	Sawah, Tegalan	OK
28	-8.2304	112.6847	Permukiman	Hutan, Permukiman	OK
29	-8.1970	112.7403	Permukiman	Permukiman, Tegalan	OK
30	-8.2006	112.7941	Sawah	Sawah, Permukiman	OK
31	-8.2017	112.8115	Permukiman	Tegalan	Tidak
32	-8.2196	112.7392	Sawah	Sawah, Permukiman	OK
33	-8.2251	112.7944	Perkebunan	Perkebunan Tebu	OK

Sumber: hasil pengamatan.



Gambar 13. Tampilan hasil supervised clasification.

3. Tahap Post Processing

a. Majority/minority analysis

Pada proses ini dipilih majority analysis. Proses ini dilakukan untuk mengubah pixel

yang belum terklasifikasi supaya dapat di-klasifikasi kedalam klas terdekat yang mayoritas. Proses ini mempergunakan bantuan software ENVI 4.5.



Sebelum dilakukan Majority Analysis

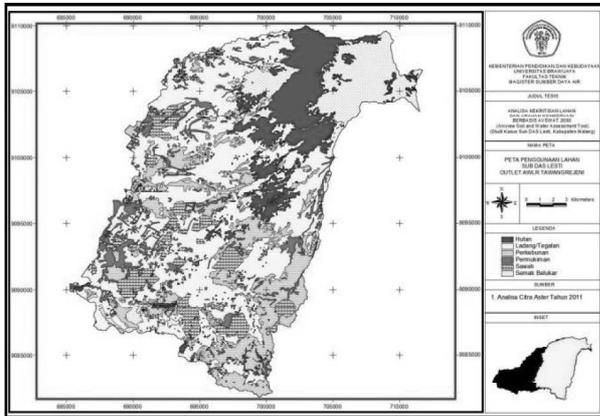


Sesudah dilakukan Majority Analysis

Gambar 14. Perbedaan pixel citra sebelum dan sesudah dilakukan proses majority analysis.

b. *Classification to Vector*

Proses ini dibutuhkan guna mempermudah mengolah hasil interpretasi. Proses ini menggunakan bantuan *AudeskMap 2004* untuk dapat membuat poligon yang sesuai dengan tataguna lahan yang telah terklasifikasi.



**Gambar 15. Hasil interpretasi citra ASTER 2011 berupa peta penggunaan lahan pada Sub DAS Lesti dengan outlet Jembatan Tawangrejeni.**

**Tabel 4. Hasil klasifikasi terbimbing.**

No.	Peruntukan Lahan	Luas (ha)
1	Hutan	4.982,21
2	Ladang/Tegalan	16.751,06
3	Perkebunan	6.444,16
4	Permukiman	2.837,63
5	Sawah	2.770,62
6	Semak Belukar	4.362,62

Sumber: pengolahan data.

**Tabel 5. Perbandingan hasil klasifikasi tidak terbimbing dan terbimbing.**

No.	Peruntukan Lahan	Luas (ha)	
		<i>unsupervised</i>	<i>supervised</i>
1	Hutan	5132.38	4982.21
2	Ladang/Tegalan	17629.52	16751.1
3	Perkebunan	5891.78	6444.16
4	Permukiman	2992.71	2837.63
5	Sawah	2012.38	2770.62
6	Semak Belukar	4489.53	4362.62

Sumber: pengolahan data.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan interpretasi citra pada penelitian ini diperoleh hasil peta penggunaan lahan pada Sub DAS Lesti tahun 2011, dengan rincian sebagai berikut.

Luas keseluruhan Sub DAS Lesti berdasarkan *automatic delineation AVSWAT 2000* dengan outlet AWLR di Jembatan Tawangrejeni, Kecamatan Sumbermanjing Wetan seluas 38.148,30 Ha.

Perbandingan luas penggunaan lahan hasil klasifikasi *unsupervised* dengan *supervised* pada sub DAS ditunjukkan pada tabel 5 dengan tingkat akurasi interpretasi sebesar 84,85%.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim. 2012. *Penerapan Aster*. (Online). ([http://www.aster-indonesia.com/?Produk\\_Citra\\_Aster:Penerapan](http://www.aster-indonesia.com/?Produk_Citra_Aster:Penerapan), diakses 12 Desember 2012).

Anonim. 2012. *Produk Citra Aster*. (Online). [http://www.aster-indonesia.com/?Produk\\_Citra\\_Aster:Tentang\\_Citra\\_Aster](http://www.aster-indonesia.com/?Produk_Citra_Aster:Tentang_Citra_Aster), diakses 12 Desember 2012).

Dwi, W.I. 2008. *Teknik Pemrosesan Citra Digital ASTER Untuk Kajian Geomorfologi*. (Jurnal PIT MAPIN XVII, 10 Desember 2008, Bandung).

Indarto, A.F. 2009. *Identifikasi dan Klasifikasi Peruntukan Lahan*. (Jurnal Media Teknik Sipil, Volume IX, ISSN 1412-0976, Januari 2009). Jember : Puslit PSDA LEMLIT Universitas Jember.

Iskandar, P., Retnadi, H.J. 2011. *Pemanfaatan Citra ASTER dan Sistem Informasi Geografis Untuk Menentukan Lokasi Potensial Pengembangan Permukiman*. 23 Desember 2011. Yogyakarta: UGM.

Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh & Pengolahan Citra Digital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper*, Bandung: Informatika.