

PEMODELAN SPASIAL ALIRAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT TERRA ASTER-GDEM DI DAERAH TANGKAPAN HUJAN WADUK RAWA PENING PROVINSI JAWA TENGAH

Tika Murni Asih, Muhammad Helmi, S.Si, M.Si^{*)}, Bandi Sasmito, S.T, M.T^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp. (024) 76480785, 76480788

Abstrak

Waduk Rawa Pening merupakan salah satu kawasan prioritas di Jawa Tengah dan memiliki keunggulan komparatif yang tidak dimiliki oleh kawasan lainnya, sehingga perlu didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan. Kondisi Waduk Rawa Pening saat ini mengalami penurunan dalam hal daya dukung dan fungsi utama sebagai akibat sedimentasi dan pendangkalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran permukaan dan pengaruh penggunaan lahan di daerah tangkapan hujan yang aliran airnya masuk ke dalam Waduk Rawa Pening.

Penelitian ini dilakukan dengan metode penginderaan jauh yaitu dengan interpretasi citra satelit ALOS AVNIR-2 dan citra satelit Landsat 7 ETM+ untuk memperoleh peta penggunaan lahan tahun 2009. Pemetaan daerah tangkapan hujan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengolahan data ASTER-GDEM produk satelit Terra. Berdasarkan daerah tangkapan hujan tersebut kemudian dilakukan analisa komposisi penggunaan lahan yang ada di dalamnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola aliran yang terbentuk di daerah tangkapan hujan Waduk Rawa Pening adalah pola aliran yang menyerupai percabangan pohon (*dendritic*). Berdasarkan analisa penggunaan lahan yang telah dilakukan pada 25 daerah tangkapan hujan, ada 4 daerah tangkapan hujan yang mengalami kerusakan, yaitu Gajahbarang, Panjang Timur, Parat Kidul dan Tranah. Empat daerah tangkapan hujan ini memiliki persentase hutan kurang dari 30%, sehingga dikatakan kondisi lahannya sangat buruk.

Kata kunci : *ASTER-GDEM, Aliran Permukaan, Daerah Tangkapan Hujan*

ABSTRACT

Rawa Pening reservoir is one of priority area in Central Java and it has comparative advantages that no other area has, so it needs to be utilized optimally and continuously. The condition of Rawa Pening reservoir currently experiencing a decrease in terms of carrying capacity and primary function as a result of sedimentation and trivialization. This research aims to determine the pattern of surface flow and the influence of land use in the area of rain catchment that the water flow enters the Rawa Pening reservoir.

This research done with remote sensing method that is satellite imagery interpretation ALOS AVNIR-2 and landsat satellite imagery 7 ETM+ to obtain land use map of 2009. Rain catchment area mapping in this research obtained from the result of ASTER-GDEM data processing Terra satellite product. Based on that rain catchment area then the land use composition exist in it was being analyzed.

The research result showed that flow pattern formed in rain catchment area of Rawa Pening reservoir is flow pattern that resembles a branching tree (dendritic). Based on land use analysis in 25 rain catchment area, there are 4 damaged rain catchment area, they are Gajahbarang, Panjang Timur, Parat Kidul, and tranah. These four rain catchment area has forest percentage less than 30%, so that it the condition of the area was very bad.

Keyword : *ASTER-GDEM, Surface Flow, Rain Catchment Area*

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Waduk Rawa Pening merupakan waduk alami yang terletak di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, kurang lebih 40 km kearah selatan Kota Semarang dan kurang lebih 5 km kearah kota Salatiga. Waduk Rawa Pening terletak di sebuah cekungan terendah di lereng Gunung Telomoyo, Gunung Ungaran dan Gunung Merbabu. Kawasan Waduk Rawa Pening merupakan salah satu kawasan prioritas di Jawa Tengah dan memiliki keunggulan komparatif yang tidak dimiliki oleh kawasan lainnya, sehingga perlu didayagunakan secara optimal dan berkelanjutan dengan cara mencegah Waduk Rawa Pening menjadi daratan sebagai dampak sedimentasi yang sangat berat. Proses sedimentasi yang berat ini berlangsung karena terjadinya perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali terutama pada daerah atas (hulu).

^{*)} Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Kondisi Waduk Rawa Pening saat ini mengalami penurunan dalam hal daya dukung dan fungsi utama sebagai akibat sedimentasi dan pendangkalan akibat hasil erosi dari air sungai yang masuk ke Waduk Rawa Pening. Muatan hasil erosi yang masuk melalui sungai yang bermuara di waduk ini mempercepat menurunnya kapasitas air, yang berarti makin dangkal kedalaman waduk tersebut. Erosi ini disebabkan oleh adanya penggundulan hutan dan berubahnya penggunaan tanah menjadi permukiman. Makin dangkal waduk berakibat pada daya tampung waduk yang semakin sedikit. Waduk yang berfungsi sebagai sumber bagi PLTA dan irigasi ikut menurun. Seterusnya akan berpengaruh terhadap menurunnya tingkat kemampuan ekonomi masyarakat di sana.

Permasalahan peningkatan aktifitas manusia juga memicu percepatan proses degradasi lingkungan Waduk Rawa Pening. Adanya berbagai masalah yang terjadi di Waduk Rawa Pening ini, maka memunculkan suatu pemikiran untuk melakukan penelitian di daerah Waduk Rawa Pening terkait dengan pendangkalan yang terjadi akibat sedimentasi di waduk tersebut yang berasal dari daerah tangkapan hujan di sekitarnya. Kajian yang akan dibahas di dalam penelitian ini adalah tentang pemodelan spasial aliran permukaan yang berkaitan dengan kondisi penggunaan lahan di daerah tangkapan hujannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau disingkat inderaja secara umum didefinisikan sebagai suatu ilmu-teknik-seni untuk memperoleh informasi atau data mengenai kondisi fisik suatu benda atau objek, target, sasaran maupun daerah dan fenomena tanpa menyentuh atau kontak langsung dengan benda atau target tersebut. Sensor yang digunakan adalah sensor jauh, yaitu sensor yang secara fisik berada jauh dari benda atau objek tersebut. Sistem pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) digunakan untuk proses perekaman data atau pengambilan informasi dari suatu objek yang diamati. Ilmu di sini menggambarkan ilmu atau sains yang diperlukan baik dalam konsep, perolehan data maupun pengolahan dan analisa, untuk mendapatkan teknik pelaksanaan pengambilan data yang tepat dan baik serta sesuai dengan tujuan perolehan data.

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisa data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Purwadhi, 2001). Jensen (2000) mendefinisikan penginderaan jauh (selanjutnya disingkat inderaja) memiliki pengertian yang dapat dikatakan luas, secara umum inderaja adalah perolehan data dari suatu objek tanpa bersentuhan langsung dengan objek tersebut. Menurut Lindgren (1985) penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisa informasi tentang bumi. Informasi itu berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi. Every (1985) mengatakan bahwa penginderaan jauh merupakan upaya untuk memperoleh, mengidentifikasi dan menganalisa objek dengan sensor pada posisi pengamatan daerah kajian.

II.2 DEM (*Digital Elevation Model*)

Digital Elevation Model (DEM) merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari distribusi titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dalam bentuk teratur, semi teratur dan acak. Sedangkan dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (terestris), pengukuran pada model objek (fotogrametris) dan dari sumber data peta analog (digitasi). Teknik pembentukan DEM selain dari Terestris, Fotogrametris dan Digitasi adalah dengan pengukuran pada model objek, dapat dilakukan seandainya dari citra yang dimiliki bisa direkonstruksikan dalam bentuk model stereo. Ini dapat diwujudkan jika tersedia sepasang citra yang mencakup wilayah yang sama.

DEM adalah teknik penyimpanan data tentang topografi suatu *terrain*. Suatu DEM merupakan penyajian koordinat (X, Y, H) dari titik - titik secara digital, yang mewakili bentuk topografi suatu *terrain* (Dipokusumo dkk, 1983). Menurut Petrie dan Kennie (1991) *Digital Elevation Model* (DEM) adalah representasi statistik permukaan tanah yang kontinyu dari titik - titik yang diketahui koordinat X, Y dan Z-nya pada suatu sistem koordinat tertentu. Aronoff (1991) mendefinisikan DTM/DEM adalah suatu set pengukuran ketinggian dari titik - titik yang tersebar di permukaan tanah. Digunakan untuk analisa topografi daerah tersebut. Sedangkan menurut Kingston Center for GIS (2002) DEM adalah suatu basis data dengan koordinat X, Y, Z, digunakan untuk merepresentasikan permukaan tanah secara digital.

Berdasarkan beberapa definisi di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa semua definisi tersebut merujuk pada pemodelan permukaan bumi ke dalam suatu model digital permukaan tanah tiga dimensi dari titik - titik yang mewakili permukaan tanah tersebut. DEM terbentuk dari titik - titik yang memiliki nilai koordinat 3D (X, Y, Z). Permukaan tanah dimodelkan dengan memecah area menjadi bidang - bidang yang terhubung satu sama lain dimana bidang - bidang tersebut terbentuk oleh titik - titik pembentuk DEM. Titik - titik tersebut dapat berupa titik *sample* permukaan tanah atau titik hasil *interpolasi* atau *ekstrapolasi* titik - titik *sample*. Titik - titik *sample* merupakan titik - titik yang didapat dari hasil *sampling* permukaan bumi, yaitu pekerjaan pengukuran atau pengambilan data ketinggian titik - titik yang dianggap dapat mewakili relief permukaan tanah. Data *sampling* titik - titik tersebut kemudian diolah hingga didapat koordinat titik - titik *sample*. (Nugraha, 2010)

ASTER-GDEM

Tahun 2009, NASA bersama dengan Kementerian Ekonomi, Perdagangan dan Industri Jepang merilis *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM)*, sebagai peta digital topografi bumi yang baru yang diklaim sebagai yang terlengkap dengan *coverage* hampir 99% seluruh permukaan bumi. GDEM diproses menggunakan *stereo-correlating* 1,3 juta *scene* arsip *image* optik ASTER. Meliputi 83 derajat lintang utara dan 83 derajat lintang selatan, yang berarti hampir 99% permukaan bumi tercover oleh GDEM dengan tingkat ketelitian 30 meter, mengalahkan dataset SRTM yang hanya mengcover 80% permukaan bumi dengan tingkat ketelitian 90 meter.

Nama ASTER GDEM, masih kurang dikenal dibandingkan dengan DEM SRTM, walaupun sebenarnya tingkat ketelitian dari DEM jenis ini sudah mencapai 1.5 *arc second* atau sebesar 45 meter (bahkan ada yang sampai ketelitian mencapai 30 meter) dan meng-cover hampir 99% dari luas permukaan bumi.

II.3 Aliran Permukaan

Aliran permukaan dari suatu area merupakan hasil perpaduan dari seluruh faktor Hidrologi dan Meteorologi di dalam suatu daerah aliran. Aliran permukaan sangat bervariasi dalam jumlah, tidak hanya dari tahun ke tahun berikutnya, maupun juga dari hari ke hari dan jam ke jam. Tidak mungkin mendeteksi secara kuantitatif pengaruh seluruh faktor terhadap aliran permukaan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi aliran permukaan, yaitu antara lain :

a. Iklim

Di daerah tropika basah, faktor iklim yang mempengaruhi adalah hujan, terutama besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan, kecepatan jatuh butir hujan, besar butiran hujan. Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu area (dinyatakan dalam $m^3/luas$). Intensitas hujan adalah besarnya hujan yang jatuh pada suatu waktu tertentu (dinyatakan dalam mm/jam atau cm/jam).

b. Relief

Dua unsur yang berpengaruh adalah kemiringan lereng dan panjang lereng. Kemiringan lereng akan memperbesar jumlah aliran permukaan sehingga memperbesar kekuatan angkut air.

c. Vegetasi

Vegetasi akan berpengaruh terhadap aliran permukaan, aspek pengaruh tersebut adalah intersepsi hujan oleh tajuk, mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak air, pengaruh akar dan kegiatan biologi terhadap ketahanan struktur tanah dan infiltrasi, pengaruh terhadap porositas tanah yang lebih besar serta peristiwa transpirasi yang dapat mengurangi kandungan air tanah sehingga yang datang kemudian dapat masuk ke dalam tanah kembali.

d. Discharge

Discharge merupakan volume air yang keluar dari suatu sungai. Proses erosi dan transportasi terjadi karena besarnya kecepatan aliran sungai dan *discharge*.

Faktor utama untuk menghitung aliran permukaan adalah iklim, tidak hanya presipitasi dan evaporasi, tetapi juga dalam periode panjang seperti faktor tanah dan vegetasi. Aliran permukaan dinyatakan dalam satuan $cfs/cms = m^3/s$ ini adalah laju aliran air. Atau dapat dalam inci atau mm – cm (ketebalan). (Kautsar, 2008)

Aliran permukaan berasal dari presipitasi ke dalam 3 komponen sumber yaitu *run off*, evaporasi, infiltrasi ke dalam tanah. Aliran permukaan berasal dari curah hujan yang merupakan kelebihan dari laju kehilangan (Evaporasi + Infiltrasi). Kedua aliran permukaan berasal dari cairnya salju/es, salju mencair merupakan sumber air permukaan penting di daerah iklim dingin.

II.4 Pola Pengaliran (*Drainage Pattern*)

Sungai merupakan aliran air yang dibatasi suatu alur yang mengalir ke tempat atau lembah yang lebih rendah karena pengaruh gravitasi. Bentuk – bentuk tubuh air disebut sebagai pengaliran (*drainage*) meliputi danau, laut, sungai, rawa dan sejenisnya. Melalui erosi dan penimbunan (deposisi) yang dilakukan oleh air yang mengalir secara terus menerus, maka dapat menyebabkan perubahan dan perkembangan dari tubuh air tersebut.

Satu sungai atau lebih beserta anak sunga dan cabangnya dapat membentuk suatu pola atau sistem tertentu yang dikenal sebagai pola pengaliran (*drainage pattern*). Pola ini dapat dibedakan menjadi beberapa macam variasi bergantung pada struktur dan variasi litologinya. Macam – macam pola pengaliran tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

1. Pola pengaliran rectangular

Pola pengaliran rectangular adalah pola pengaliran di mana anak – anak sungainya membentuk sudut tegak lurus dengan sungai utamanya. Pola ini biasanya terdapat pada daerah patahan yang bersistem teratur.

2. Pola pengaliran dendritik

Pola pengaliran dendritik adalah pola pengaliran berbentuk seperti pohon dan cabang – cabangnya yang berarah tidak beraturan. Pola ini berkembang pada daerah dengan batuan yang resistensinya seragam, lapisan sedimen mendatar, batuan beku massif, daerah lipatan dan daerah metamorf yang kompleks.

3. Pola pengaliran sejajar / parallel

Pola pengaliran sejajar / parallel adalah pola pengaliran yang arah alirannya sejajar. Pola ini berkembang pada daerah yang lerengnya mempunyai kemiringan nyata dan batuan bertekstur halus.

4. Pola pengaliran trellis
Pola pengaliran trellis adalah pola pengaliran yang berbentuk seperti daun dengan anak – anak sungai sejajar, sungai utamanya biasanya memanjang searah dengan jurus perlapisan batuan. Pola ini banyak dijumpai pada daerah patahan atau lipatan.
5. Pola pengaliran radial
Pola pengaliran radial adalah pola pengaliran yang arah – arah pengalirannya menyebar ke segala arah dari suatu pusat. Pola pengaliran ini umumnya berkembang pada daerah dengan struktur kubah stadia muda, pada kerucut gunung api dan pada bukit – bukit yang berbentuk kerucut.
6. Pola pengaliran annular
Pola pengaliran annular adalah pola pengaliran di mana sungai atau anak sungainya mempunyai penyebaran yang melingkar, sering dijumpai pada daerah kubah berstadia dewasa.
7. Pola pengaliran multi basinal
Pola pengaliran multi basinal disebut juga *sink hole*, adalah pola pengaliran yang tidak sempurna, kadang tampak kadang hilang yang di sebut sebagai sungai bawah tanah, pola ini berkembang pada daerah karst atau batu gamping.
8. Pola Pengaliran contorted
Pola pengaliran contorted adalah pola pengaliran yang arah alirannya berbalik dari arah semula, pola ini terdapat pada daerah patahan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Pengumpulan Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Peta Dasar Rupabumi Indonesia, skala 1:25.000 Tahun 2002 yang diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang
- b. Data GDEM Produk Satelit Terra ASTER Tahun Perekaman 2009 yng diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang
- c. Data Satelit Landsat 7 ETM+, Perekaman Tahun Perekaman 2009 yang diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang
- d. Citra Satelit ALOS AVNIR-2, Perekaman Tahun Perekaman 2009 yang diperoleh dari Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang

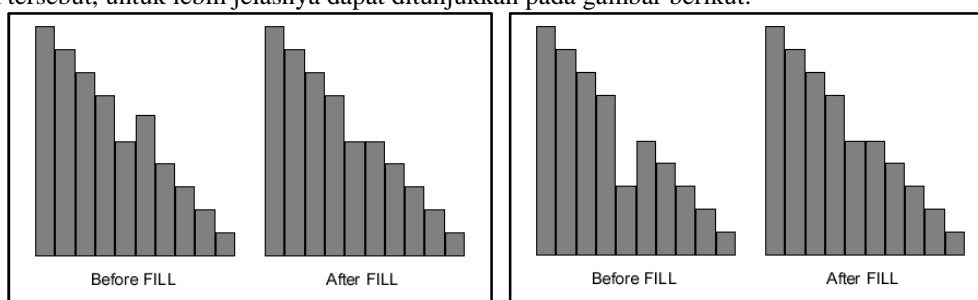
III.2. Pelaksanaan Penelitian

1. Eksport Data ASTER-GDEM

Proses awal dari pengolahan data GDEM produk satelit Terra ASTER adalah dengan melakukan eksport data untuk mempermudah pemrosesan data selanjutnya. Data GDEM produk satelit Terra ASTER dalam format raster (*.ers) dieksport ke dalam format *.bil menggunakan perangkat lunak ER Mapper 7.0 agar dapat diproses selanjutnya di ArcHydro (*Surface Hydrology Extention*).

2. Fill Sink

Data GDEM produk dari satelit Terra ASTER dengan format *.bil dan telah mempunyai sistem koordinat diolah menggunakan perangkat lunak ArcHydro (*Surface Hydrology Extention*). Setiap data DEM (*Digital Elevation Model*) pasti mengandung kesalahan, tidak terkecuali data ASTER-GDEM yang digunakan dalam pelitian ini. Kesalahan yang dimiliki oleh data ASTER-GDEM ini disebabkan oleh *noise* dari citra satelit itu sendiri, seperti kesalahan pada hamburan baliknya, atau dapat juga kesalahan yang terjadi karena perbedaan sinyal yang diterima. Kesalahan ini dapat dihilangkan dengan cara melakukan proses *fill sinks* pada data GDEM tersebut. Proses *fill sinks* ini berfungsi untuk mengisi grid elevasi, maksudnya apabila pada data GDEM terdapat perbedaan elevasi yang sangat mencolok dibandingkan dengan elevasi - elevasi di sekitarnya, maka proses *fill sinks* ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau mengisi grid elevasi yang mempunyai perbedaan sangat mencolok tersebut, untuk lebih jelasnya dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Pengisian grid elevasi pada proses *fill sinks*

3. Flow Direction

Proses selanjutnya setelah dilakukan proses *fill sink* pada data ASTER-GDEM adalah melakukan *flow direction mapping* yaitu pemetaan arah aliran. Arah aliran sebuah sel merupakan arah dimana air mengalir keluar dari sel tersebut. Jika sebuah sel mempunyai ketinggian lebih rendah dari delapan sel di sekitarnya, maka sel tersebut diberikan nilai paling kecil dan aliran ditetapkan mengalir menuju sel tersebut. Jika sebuah sel mempunyai kemiringan (*slope*) yang sama di semua arah, maka arah aliran tidak terdefiniskan atau dapat dikatakan itu adalah sebuah genangan waduk. Jika sebuah sel mempunyai kemiringan (*slope*) yang sama di beberapa arah dan bukan bagian dari *sink*, maka arah aliran dihitung dengan menjumlahkan beberapa arah tersebut. Arah aliran merupakan fungsi fokus. Untuk setiap lingkungan 3×3 *cell*, prosesor jaringan berhenti di sel pusat dan menentukan mana sel tetangga yang terendah. Tergantung pada arah aliran, grid *output* akan memiliki nilai sel pada sel pusat

4. Flow Accumulation

Proses pengolahan ASTER-GDEM setelah dilakukan *flow direction mapping* (pemetaan arah aliran) adalah melakukan proses *flow accumulation mapping* (pemetaan terkumpulnya aliran). Jika diketahui ke mana arah air akan mengalir, maka dapat digambarkan daerah (sel-sel) apa yang mempunyai kelebihan air yang mengalir melaluinya dibandingkan dengan daerah (sel-sel) lain. Grid akan muncul dalam proses ini dan dengan mengikuti grid arah aliran kebelakang, maka dapat diketahui banyak sel yang mengalir menuju sel-sel lain pada suatu daerah kajian.

Akumulasi aliran dihitung sebagai akumulasi banyak sel - sel yang mengalir menuju tiap sel yang paling rendah ketinggiannya. Jika bobot tiap sel dinyatakan sebagai 1 satuan, maka akumulasi aliran tiap sel merupakan daerah kontribusi aliran sel tersebut. Sebagai contoh akumulasi aliran pada suatu *outlet* DAS mewakili luas DAS tersebut (luas tangkapan). Sel yang mempunyai akumulasi aliran 1 berarti tidak ada aliran yang masuk ke sel tersebut dan berhubungan dengan lembah atau puncak bukit (Meijerink et al., 1994). Nilai tiap sel mewakili total banyaknya sel - sel yang mengalir menjunnya, ini untuk akumulasi permukaan.

5. Stream Definition

Proses pengolahan data ASTER_GDEM selanjutnya setelah dilakukan proses *flow accumulation* (terkumpulnya aliran) adalah melakukan proses *Stream Definition*. *Stream Definition* merupakan proses pendefinisian aliran untuk grid baru (grid aliran) dengan sel dari grid akumulasi aliran yang melebihi batas yang telah ditentukan. Proses ini dimaksudkan untuk memberikan batasan aliran sesuai dengan batasan area yang telah ditentukan.

6. Stream Segmentation

Stream Segmentation, pada dasarnya adalah untuk membuat *link* kotak aliran dari grid aliran (setiap *link* antara dua persimpangan sungai mempunyai tanda pengenal tersendiri yang membedakannya dengan yang lain). *Stream Segmentation* ini merupakan proses pengolahan data ASTER-GDEM setelah dilakukan proses *Stream Definition*.

7. Catchment Grid Delineation

Proses *Catchment Grid Delineation* (delineasi grid daerah tangkapan hujan) merupakan proses yang dilakukan setelah *Stream Segmentation*. Proses ini digunakan untuk membuat segmen daerah tangkapan hujan yang berhubungan dengan arus yang mengalir dalam aliran tersebut. Ini mengidentifikasi aliran mengalir ke daerah tangkapan hujan dan dipastikan masuk kedalam setiap *link* yang telah terbentuk sebelumnya.

8. Catchment Polygon Processing

Proses pengolahan data ASTER-GDEM selanjutnya setelah dilakukan proses *Catchment Grid Delineation* adalah melakukan *Catchment Polygon Processing*. *Catchment Polygon Processing* merupakan suatu proses yang digunakan untuk membuat batas yang berupa garis poligon area daerah tangkapan hujan hasil dari grid yang telah terbentuk dari proses sebelumnya.

9. Drainage Line Processing

Proses *Drainage Line Processing* merupakan proses yang dilakukan setelah proses *Catchment Polygon Processing*. Proses ini digunakan untuk membuat aliran arus keluaran dalam bentuk vektor hasil dari grid hasil *stream segmentation*. Aliran arus keluaran dari proses pengolahan inilah yang nantinya digunakan sebagai salah satu acuan untuk menggabungkan poligon – poligon kecil daerah tangkapan hujan agar menjadi sebuah poligon area yang lebih besar, yang nantinya akan didefinisikan sebagai satu daerah tangkapan hujan

10. Adjoint Catchment Processing

Proses *Adjoint Catchment Processing* merupakan proses yang dilakukan setelah dilakukannya proses *Drainage Line Processing*. Proses ini digunakan untuk menggabungkan poligon daerah tangkapan hujan yang sesuai dengan kelas dari poligon itu sendiri. Proses ini dengan kata lain dapat disebut juga sebagai penggabungan beberapa daerah tangkapan hujan yang terbentuk dari pengolahan data ASTER-GDEM, dan setelah itu akan diketahui batas daerah tangkapan hujan yang aliran airnya masuk ke dalam Waduk Rawa Pening, untuk daerah tangkapan hujan yang terlalu jauh dari daerah Rawa Pening dapat dibuang atau diabaikan.

11. Koreksi Geometrik

Koreksi Geometrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta yang telah ditentukan dengan membuat GCP (*Ground Control Point*) pada citra. Koreksi Geometrik beracuan

pada peta dasar Rupabumi Indonesia khususnya daerah Waduk Rawa Pening dan sekitarnya. Titik – titik ikat medan yang digunakan sebagai GCP (*Ground Control Point*) disini adalah titik yang mudah dikenali dan dalam waktu lama perubahannya tidak terlalu signifikan dan titik ikat yang biasanya digunakan adalah titik diperpotongan jalan atau di sungai. Proses koreksi geometrik dilakukan dengan meletakkan sejumlah titik sesuai dengan koordinat citra dan koordinat geografis. Akurasinya tergantung pada orde polinomial, jumlah dan distribusi titik kontrol tanah.

Akurasi koreksi geometrik biasanya disajikan oleh standard deviasi (*Round Mean Square=RMS*) per unit piksel pada citra. Akurasi tersebut seharusnya bernilai ± 1 piksel, jika kesalahan lebih besar dari persyaratan, koordinat pada citra dan peta direcek, atau kalau tidak pemilih rumus diulangi. Melakukan proses rektifikasi citra dilakukan dengan mengetahui posisi titik GCP terlebih dahulu, menggunakan WGS 84, proyeksi peta SUTM 49. Tipe rektifikasi yang dipergunakan adalah metode polinomial, dengan resampling yang dipilih adalah *nearest neighborhood*. Resampling *nearest neighborhood* merupakan metode resampling yang menggunakan citra acuan dalam proses koreksi geometriknya. Keuntungan digunakannya metode ini yaitu tidak mengubah nilai kecerahan atau intensitas *pixel* pada citra asal dan waktu pemrosesan yang relatif cepat bila dibandingkan dengan metode *resampling* lainnya.

12. Mosaik Citra Satelit

Data citra ALOS AVNIR-2 dan data citra Landsat 7 ETM+ perekaman tahun 2009 yang telah terkoreksi diolah menggunakan perangkat lunak ER Mapper versi 7.0 untuk proses mosaik citranya. Proses mosaik citra ini dilakukan dengan tujuan untuk menggabungkan dua citra pada tahun pemotretan yang sama yang sebelumnya memiliki luasan yang kecil menjadi satu liputan dengan luasan yang lebih besar sehingga dapat memberikan gambaran daerah yang lebih menyeluruh pada lokasi penelitian sehingga mempermudah dalam proses pengolahan dan analisa selanjutnya.

13. Interpretasi Citra Satelit

Klasifikasi citra pada penelitian ini berdasarkan pada klasifikasi penggunaan lahan tingkat pertama yang dibuat oleh *United States Geological Survey Land Use (USGS)* tingkat I dengan sedikit perubahan dan penambahan kategori kelas klasifikasi untuk menyesuaikan keadaan di lapangan dan citranya.

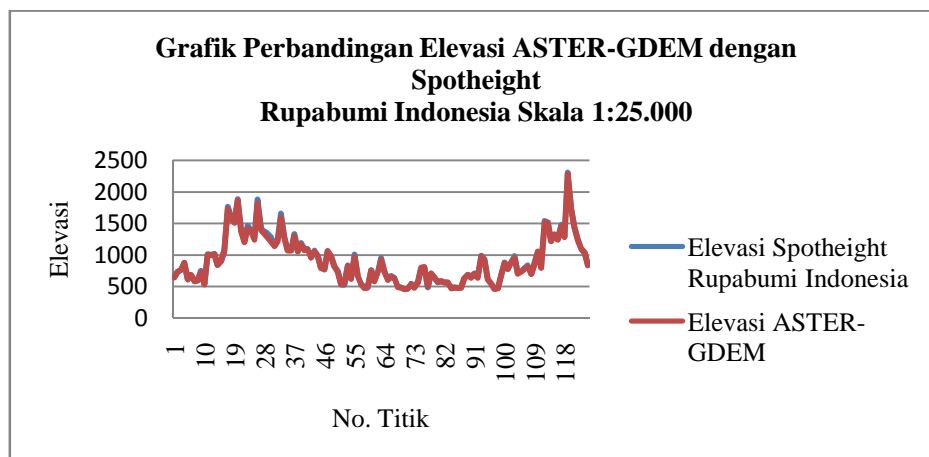
14. Digitasi On Screen Citra Satelit

Proses selanjutnya setelah melakukan klasifikasi yaitu dilakukan digitasi citra menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9.3 untuk mendapatkan pemetaan penggunaan lahan. Proses digitasi ini merupakan tahap dari interpretasi citra dengan *output* digitasi yang telah ditentukan. Digitasi citra ini ditunjukkan untuk membagi penggunaan lahan / *land use* berdasarkan kelas pada daerah penelitian dan sesuai dengan 8 kunci interpretasi citra.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Validasi ASTER-GDEM

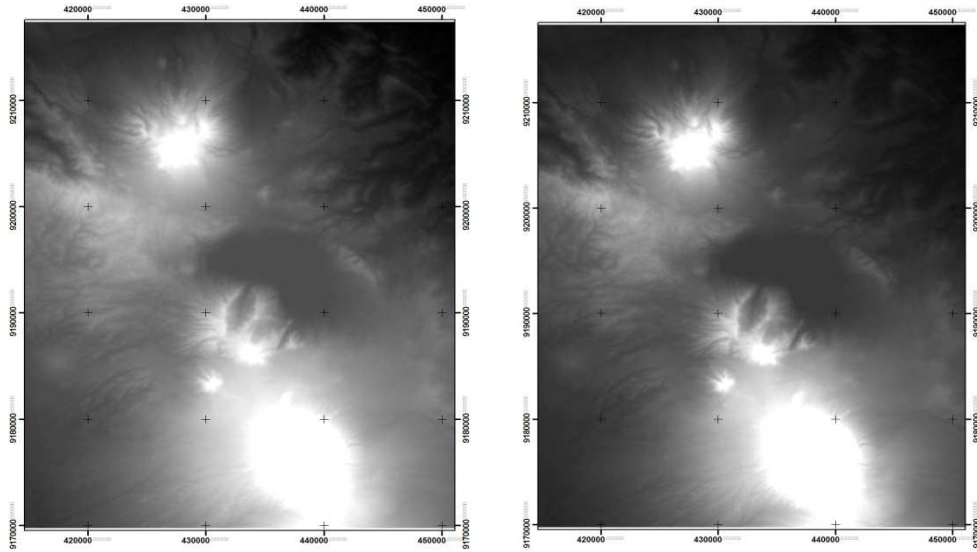
Data DEM (*Digital Elevation Model*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah data GDEM produk dari satelit Terra ASTER yang mempunyai resolusi spasial sebesar 30 meter. Data GDEM ini kemudian akan dibandingkan dengan data titik tinggi dari peta dasar Rupabumi Indonesia skala 1:25.000. Ada 125 titik sampel yang digunakan untuk mengetahui perbedaan elevasi di kedua data. Hasil dari perhitungan statistik yang dilakukan terhadap 125 titik tersebut menunjukkan bahwa didapat nilai minimum sebesar 0,16 m, nilai maksimum sebesar 71,64 m, nilai rerata sebesar 12,16 m dan nilai standard deviasinya sebesar 13,50 m. Perbandingan elevasi ASTER-GDEM dengan *spotheight* peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000 dapat ditunjukkan dalam gambar grafik berikut:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Elevasi *Spotheight* dengan ASTER-GDEM

IV.2 Analisa Hasil Fill Sink

Proses *fill sink* hasilnya secara visual dapat terlihat dengan jelas yaitu dengan melihat perubahan warna yang terjadi antara data ASTER-GDEM yang belum dilakukan *fill sink* dengan data ASTER-GDEM yang telah dilakukan proses *fill sink*. Nilai *value* antara data DEM yang telah dilakukan proses *fill sink* dengan yang belum dilakukan proses *fill sink* juga berbeda seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



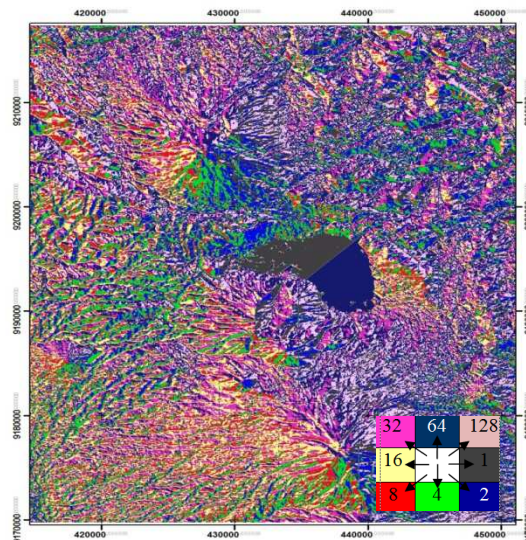
(a) GDEM sebelum *fill sink*

(b) GDEM setelah *fill sink*

Gambar 4. Hasil Proses *Fill Sink* Pada Data ASTER-GDEM

Terlihat pada gambar 4 bahwa pada poin (a) menunjukkan tampilan data ASTER-GDEM yang belum dilakukan proses *fill sink* memiliki warna yang lebih terang dibandingkan dengan data ASTER-GDEM yang telah dilakukan proses *fill sink* seperti yang ditunjukkan pada poin (b). Perbedaan ini disebabkan karena berubahnya nilai *value* pada data tersebut. Nilai *value* untuk data ASTER-GDEM yang belum dilakukan proses *fill sink* berkisar antara 12 sampai dengan 3099, sedang nilai *value* untuk data ASTER-GDEM yang telah dilakukan proses *fill sink* berkisar antara 14 sampai dengan 3099.

IV.3 Analisa Hasil Flow Direction



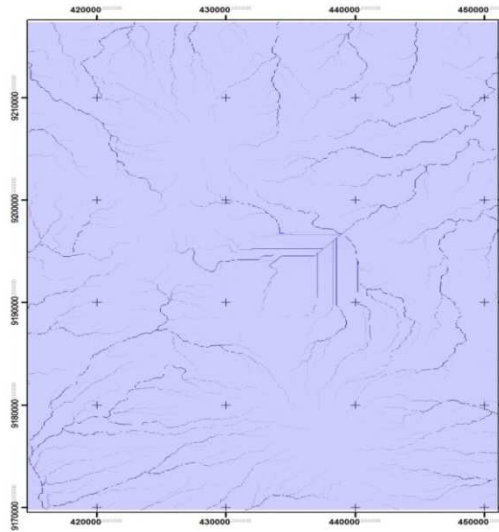
Gambar 5. Hasil Proses *Flow Direction*

Gambar 5 diatas merupakan hasil dari proses *flow direction*, dapat dilihat bahwa warna - warna diatas menunjukkan arah aliran air beserta angka - angka sel yang mewakili 8 penjurus arah mata angin, sehingga dengan melihat secara visual kita dapat diketahui arah aliran tersebut menuju kemana.

IV.4 Analisa Hasil Flow Accumulation

Hasil dari proses *flow accumulation* adalah sebuah data raster jaringan utama suatu sungai di suatu daerah yang terbentuk dari proses pengolahan data DEM (*Digital Elevation Model*). *Flow accumulation*

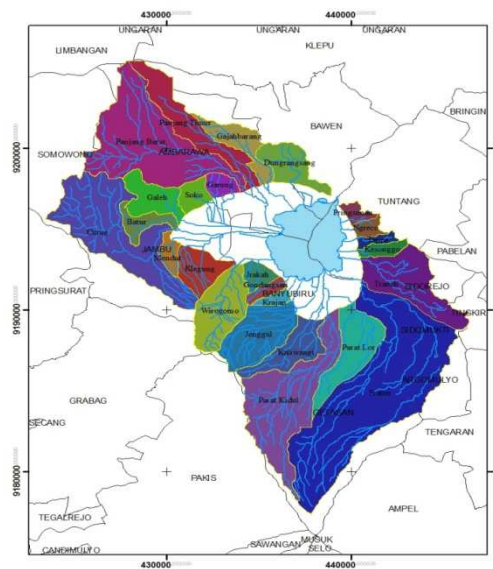
merupakan sebuah proses pembentukan suatu raster yang menggambarkan piksel dimana aliran terkumpul.. Jika pada proses *flow direction* hasilnya berupa warna – warna yang menunjukkan arah sebuah aliran tersebut mengalir, maka pada proses ini hasilnya adalah berupa garis yang mewakili arah terkumpulnya suatu aliran seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 6. Hasil Proses *Flow Accumulation*

Akumulasi aliran adalah langkah yang dilakukan setelah dilakukannya proses *flow direction* dalam pemodelan hidrologi. Daerah Aliran Sungai atau biasa disebut DAS didefinisikan spasial oleh properti geomorfologi drainase. Dalam rangka untuk menghasilkan jaringan drainase, maka perlu untuk menentukan jalur aliran utama dari setiap sel pada grid lanskap. Akumulasi aliran digunakan untuk menghasilkan jaringan drainase, berdasarkan arah aliran setiap sel.

IV.5 Analisa Hasil Drainage Pattern dan Catchment Mapping



Gambar 7. Hasil Proses *Drainage Pattern* dan *Catchment Mapping*

Berdasarkan gambar 7 di atas bahwa ada beberapa daerah tangkapan hujan yang terbentuk dari hasil pengolahan data GDEM produk satelit Terra ASTER resolusi 30 meter. Proses pengolahan data GDEM produk satelit Terra ASTER ini semuanya dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcHydro (*surface hydrology extension*) yang hasilnya adalah sampai terbentuknya daerah tangkapan hujan.

IV.6 Digitasi dan Interpretasi Citra Satelit

Digitasi dan interpretasi citra dilakukan dengan menafsirkan secara langsung citra yang telah terkoreksi dengan interpretasi manual dan melakukan survei lapangan untuk mengetahui jenis penggunaan lahan di daerah penelitian. Ada beberapa kelas penggunaan lahan hasil interpretasi citra, yakni kelas hutan, permukiman, sawah

irigasi, sawah tadah hujan, semak belukar, tegalan dan waduk. Berikut merupakan persentase luas lahan hasil digitasi dan interpretasi citra yang telah terkoreksi.

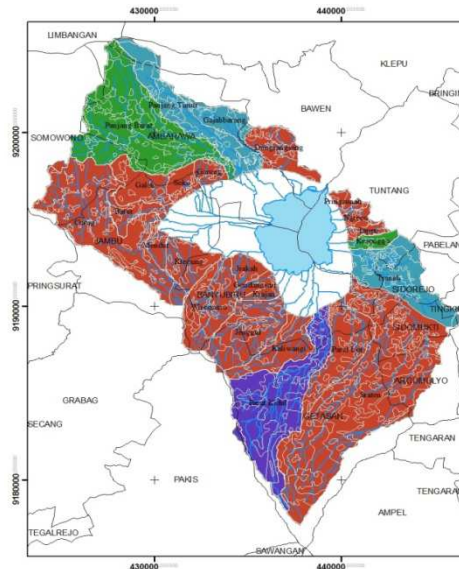
Tabel 1. Hasil Digitasi Pemetaan Citra Satelit Terkoreksi Geometrik Tahun 2009

No.	Penggunaan Lahan	Jumlah	Luas (Ha)	Kompisisi dalam %
1	Hutan	76	11421,49	39,44
2	Permukiman	289	5854,06	20,22
3	Sawah Irigasi	6	3578,01	12,36
4	Sawah Tadah Hujan	20	3154,79	10,89
5	Semak Belukar	8	635,07	2,19
6	Tegalan	40	2754,86	9,51
7	Waduk	2	1559,93	5,39
Luas Total			28958,20	100

Sumber : Hasil Analisa, 2012

IV.7 Analisa Penggunaan Lahan di Daerah Tangkapan Hujan

Analisa penggunaan lahan di daerah tangkapan hujan Waduk Rawa Pening dilakukan setelah di dapat hasil digitasi penggunaan lahan dan di dapat daerah tangkapan hujan. Daerah tangkapan hujan yang terbentuk adalah sejumlah 25 daerah tangkapan. Daerah tangkapan hujan dan hasil digitasi penggunaan lahan kemudian digabungkan untuk mengetahui komposisi penggunaan lahan yang ada pada tiap – tiap daerah tangkapan hujan.



Gambar 8. Penggabungan Data Penggunaan Lahan dengan Daerah Tangkapan Hujan

Berdasarkan SK Dirjen RRL No.041/Kpts/V/1998, ada 4 parameter penentu kekritisan lahan, yaitu : kondisi tutupan vegetasi, kemiringan lereng, bahaya erosi dan kondisi pengelolaannya. Analisa kondisi penggunaan lahan di setiap daerah tangkapan hujan dalam penelitian ini didasarkan pada tabel klasifikasi dan *scoring* vegetasi menurut parameter yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial tahun 2004 dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Klasifikasi dan Skoring Hutan di dalam Suatu Daerah

Kriteria	Kelas	Besaran	Skor
Hutan	Sangat Baik	> 40 %	5
	Baik	31 – 40 %	4
	Sedang	21 – 30 %	3
	Buruk	10 – 20 %	2
	Sangat Buruk	< 10 %	1

Sumber : Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, 2004

Berdasarkan analisa penggunaan lahan di setiap daerah tangkapan hujan dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa dari 25 daerah tangkapan hujan, ada 4 daerah tangkapan hujan yang kondisi lahannya tergolong

buruk dengan persentase hutannya tidak mencapai 30%. Menurut parameter yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial tahun 2004 komposisi hutan dalam suatu daerah dapat dikatakan ideal jika mempunyai persentase tidak kurang dari 30%. Empat daerah tangkapan hujan tersebut yaitu Gajahbarang, Panjang Timur, Parat Kidul dan Tranah.

Komposisi penggunaan lahan pada daerah tangkapan hujan Gajahbarang terdiri dari 17,08% Hutan, 29% Permukiman, 1,42% Sawah Irigasi dan 52,13% Sawah Tadah Hujan. Komposisi penggunaan lahan pada daerah tangkapan hujan Panjang Timur terdiri dari 18,82% Hutan, 26,24% Permukiman, 0,46% Sawah Irigasi, 37,83% Sawah Tadah Hujan, 3,51% Semak Belukar dan 13,13% Tegalan. Komposisi penggunaan lahan pada daerah tangkapan hujan Parat Kidul terdiri dari 24,16% Hutan, 17,87% Permukiman, 0,89% Sawah Irigasi, 33,29% Sawah Tadah Hujan, 3,53% Semak Belukar dan 20,26% Tegalan. Komposisi penggunaan lahan yang terakhir adalah komposisi penggunaan lahan pada daerah tangkapan hujan Tranah yang terdiri dari 18,90% Hutan, 57% Permukiman dan 24,10% Sawah Irigasi.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pola aliran permukaan yang terbentuk di daerah tangkapan hujan Waduk Rawa Pening dalam penelitian ini adalah pola aliran permukaan yang menyerupai percabangan pohon (*dendritic*).
2. Terdapat 25 daerah tangkapan hujan di daerah penelitian Waduk Rawa Pening yang terbentuk dari hasil pengolahan data ASTER-GDEM ini. Ada 4 dari 25 daerah tangkapan hujan yang kondisi lahannya tergolong buruk, yaitu daerah tangkapan hujan Gajahbarang, Panjang Timur, Parat Kidul dan Tranah. Komposisi penggunaan lahan pada keempat daerah ini dikatakan buruk, karena persentase hutan pada daerah ini tidak mencapai 30%. Daerah tangkapan hujan Tranah merupakan daerah tangkapan hujan yang paling rusak, karena penggunaan lahan yang dominan pada daerah ini adalah Permukiman dengan persentase mencapai 57%, sedangkan komposisi hutannya hanya sebesar 18,90%. Dilihat dari persentase hutan yang hanya 18,90% dapat dipastikan bahwa daerah tangkapan ini memberikan kontribusi sedimentasi yang cukup besar terhadap Waduk Rawa Pening, dibandingkan dengan daerah tangkapan lainnya.

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.
- Ariyani, Atika Dwi. 2009. *Aplikasi SIG dalam Penyusunan Peta Rawan Longsor (Studi Kasus : DAS Bodri)*. Tugas Akhir. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Arsana, I Made Andi. 2005. *Menetapkan Wilayah Laut Daerah*. Opini. Suara Pembaharuan.
- 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.
- Nugraha, Daniel Adi. 2003. *Pemetaan Model Permukaan Digital dari Sumber Citra ASTER Secara Otomatis*. Tugas Akhir. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Pancoko, Elistyaningrum Indah. 2009. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Tingkat Kekritisian Lahan (Studi Kasus : DAS JRAGUNG)*. Tugas Akhir. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Model Permukaan Digital*. Bandung : Informatika.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Remote Sensing : Penginderaan Jauh & Pengolahan Citra Digital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Bandung : Informatika.
- Purwadhi, F. Sri Hardiyanti. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta : PT.Grasindo Widiasarana Indonesia.
- Soenarmo, Sri Hartati. 2009. *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografis untuk Bidang Ilmu Kebumihan*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Suprayogi, Andri. 2009. *Pengantar Perkuliahan Penginderaan Jauh*. Diklat Kuliah. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Trisakti, Bambang. 2005. *Orthorektifikasi Data Citra Resolusi Tinggi (ASTER dan SPOT) Menggunakan ASTER DEM*. Surabaya : Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV.
- Yudo, Prasetyo 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

