

**PEMANFAATAN FOTO UDARA DALAM PENDUGAAN SEDIMEN  
TERSUSPENSI DI DAS WURYANTORO, WONOGIRI**  
*(The Use of Aerial Photograph in the Prediction of Suspended Sediment  
in Wuryantoro Watershed, Wonogiri)*

Oleh:

**Sugiharto Budi Santoso, Kuswaji Dwi Priyono, dan Alif Noor Anna**

*Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*

*Jl. A. Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos 1 Surakarta 57162, Telp (0271) 717417  
Psw 151-153, Fax: (0271) 715448, E-Mail: FORUM GEOGRAFI@yahoo.com*

**ABSTRACT**

*Suspended sediment load flowing out from a watershed is normally predicted by analysis of suspended sediment of water sampel, and the volume of suspended sediment be calculated based on sediment concentration and river discharge. Such field measurements need a lot of filed data dan they are time consuming. Another method for prediction of suspended sediment by using remote sensing imagery data and recorded rainfall data. The objective of this research is to 1) examine the capability of remote sensing techneque to obtain the parameters of the physical data of land in the prediction of suspended sediment, 2) examine the accuracy of the model for prediction suspended sediment. This research is carried out in Wuryantoro watershed, Wonogiri. The main data to obtain the parameters of the physical data of land is infrared aerial photograph on scale 1 : 10.000. The method that used in this research is interpretation of remote sensing imagery data, combined with rainfall data. The result show that the accuracy of landuse is 88.5%, the accuracy of slope is 87.67%. The accuracy of the prediction of suspended sediment by model model A3 87,07%, by model C1 86,63%, by model C2 90,57%, by model A8 84,13%, by model A9 80,1%, by model C4 78,6%.*

*Keywords: aerial photograph, suspended sediment, model*

**PENDAHULUAN**

Erosi adalah proses hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh air atau angin ke tempat lain (Arsyad, 1989). Hasil sedimen adalah sedimen total yang hanyut terbawa dari suatu daerah pengaliran sungai, yang diukur pada suatu titik rujukan dan pada suatu

periode waktu tertentu (Onstad, 1984 dalam Prapto Suharsono, 1998).

Erosi yang terjadi terus menerus akan mengakibatkan penurunan kesuburan tanah dan pada gilirannya akan menyebabkan kemerosotan daya dukung lahan. Tanah lapisan atas yang terangkut oleh aliran permukaan ke

bagian yang lebih rendah, seringkali tertampung dalam sungai, waduk, dan rawa. Hal ini akan mengakibatkan pendangkalan sungai, waduk, dan rawa. Oleh karena itu besarnya erosi dan hasil sedimen perlu dimonitor terus menerus.

Cara yang lazim digunakan untuk mengukur besarnya hasil sedimen sungai adalah dengan memperhitungkannya berdasarkan (1) data muatan suspensi, dan (2) debit sungai (Prpto Suharsono, 1998). Penelitian pendugaan erosi, muatan sedimen tersuspensi, dan hasil sedimen dapat dilakukan secara terestrial dengan observasi dan pengukuran langsung di lapangan, dapat pula dilakukan dengan teknik penginderaan jauh. Pada daerah yang luas, medan yang sulit dan ketersediaan data yang minimal, dengan cara terestrial akan memerlukan waktu, tenaga dan biaya yang relatif lebih banyak. Pada penelitian yang memanfaatkan penginderaan jauh dapat menggunakan citra penginderaan jauh sebagai sumber data, dan dalam pelaksanaannya menggunakan teknik interpretasi dengan waktu, tenaga, dan biaya yang diperlukan relatif lebih sedikit.

Besarnya muatan sedimen tersuspensi dapat diperkirakan dengan model empirik. Prpto Suharsono (1998) telah membuat suatu model untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi dengan menggunakan data penginderaan jauh.

Model empirik dari Prpto Suharsono ini mendasarkan pada parameter fisik lahan dan data hujan. Parameter fisik lahan sebagian besar dapat diidentifikasi pada foto udara. Dengan demikian variabel penentu besarnya sedimen tersuspensi sebagian besar dapat disadap dari foto udara inframerah.

Waduk Gadjahmungkur di Kabupaten Wonogiri selesai dibangun tahun 1981. Manfaat waduk ini adalah untuk mengendalikan banjir di hilir, mengairi areal pertanian, pembangkit tenaga listrik, pariwisata, serta perikanan.

Berdasarkan pada data laju sedimentasi tahunan sebesar 1,2 mm saat waduk sebelum dibangun, umur fungsi waduk tersebut diperkirakan akan mencapai 100 tahun. Namun setelah waduk dibangun umurnya diperkirakan hanya berumur 27 tahun. Hal ini didasarkan dari penelitian tentang laju sedimentasi. Sedimentasi rata-rata di Waduk Wonogiri sebesar 5,3 mm/tahun (Tim Geografi UGM, 1991); 8,01 mm/tahun (Loebis dan Taryan, 1985); 6,30 mm/tahun (RTL RLKT DAS Solo Hulu, 1985). Sumber sedimen diduga dari hasil erosi di daerah tangkapan waduk Wonogiri dengan luas daerah tangkapan 135.000 ha, luas lahan kritisnya 64.096 ha, sehingga perlu ada penanganan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) untuk menyelamatkan fungsi

waduk dari masalah sedimentasi (Sukresna dan Rahadyan N.A., 2001).

Berdasarkan laporan tahun 1999/2000 hasil pengamatan terhadap 13 sub DAS untuk DAS Wuryantoro koefisien limpasan tahun 1997 sebesar 0,63, tahun 1998 sebesar 0,50. Hal ini berarti sebagian besar hujan masih menjadi limpasan, meskipun besarnya koefisien limpasan masih terbatas pada klasifikasi kondisi sub DAS yang cukup normal-sedang. Oleh karena itu, kegiatan monitoring masih terus dilakukan dalam rangka untuk menduga keadaan laju sedimentasi.

Berdasarkan uraian tersebut, maka permasalahan yang diungkap yaitu: (1) Seberapa teliti teknik penginderaan jauh untuk menyadap data parameter fisik lahan yang digunakan dalam pendugaan muatan sedimen tersuspensi, (2) Seberapa besar ketepatan model untuk prediksi muatan sedimen tersuspensi.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan: (1) Menguji ketelitian teknik penginderaan jauh untuk indentifikasi parameter fisik lahan dalam pendugaan muatan sedimen tersuspensi, (2) Menguji ketepatan model pendugaan muatan sedimen tersuspensi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

#### Bahan

1. Foto udara inframerah berwarna skala 1:10.000, pemotretan 12-5-1991. Peta Topografi skala 1:50.000, lembar Waduk Gajahmungkur helai 49/XLII-C diterbitkan oleh DITTOP TNI AD tahun 1999.
2. Peta Geologi skala 1:100.000 Lembar Surakarta 1408-3 dan Giritontro 1407-6, diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung tahun 1992.
3. Data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tebal hujan 3 bulan terbasah dan tebal hujan tahunan.

#### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: stereoskop, kop cermin dengan paralaks meter, GPS, abney level, kompas geologi, kamera lapangan, dan seperangkat komputer untuk pengolahan dan penyajian data.

#### Jalan Penelitian

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data tebal hujan 3 bulan terbasah dan data tebal hujan tahunan. Data ini diperoleh dari data sekunder. Data yang lain adalah data luas penggunaan lahan hutan dan pepohonan rapat, luas tegalan, dan luas dataran aluvial. Data ini diperoleh melalui interpretasi foto udara inframerah

berwarna. Setelah data diperoleh dimasukkan dalam model untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi.

Analisis untuk memperoleh peta bentuklahan, peta penggunaan lahan dan perhitungan muatan sedimen tersuspensi dengan memanfaatkan Sistem Informasi geografis.

### Model untuk prediksi muatan sedimen tersuspensi

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model empirik dari Prpto Suharsono. Formula yang digunakan adalah:

1. Model untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi total tahunan (ton/tahun)

#### Model A3

$$St = 82,4537 \cdot A^{1,0992} \cdot Hb^{0,4370} \cdot Da^{0,3554} \quad (1)$$

#### Model C1

$$St = 0,8439 \cdot A^{1,2041} \cdot Ht^{0,7255} \cdot Da^{0,4159} \cdot Te^{0,6052} \quad (2)$$

#### Model C2

$$St = 219,8467 \cdot A^{1,1167} \cdot Ht^{0,4192} \cdot Da^{0,2986} \cdot Hp^{-0,3970} \quad (3)$$

#### Keterangan:

St = muatan sedimen total (ton/tahun)

A = luas DAS (km<sup>2</sup>)

Ht = tebal hujan tahunan (cm)

Hb = tebal hujan 3 bulan terbasah (cm)

Te = luas tegalan (%)

Da = luas dataran aluvial (%)

Hp = luas hutan dan daerah pepohonan rapat (%)

2. Model untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi rata-rata tahunan (ton/km<sup>2</sup>/tahun)

#### Model A8

$$Sr = 619,3555 \cdot Ht^{0,2901} \cdot Da^{0,3133} \cdot Hp^{-0,3027} \quad (4)$$

#### Model A9

$$Sr = 119,7126 \cdot Hb^{0,6591} \cdot Da^{0,3495} \cdot Hp^{-0,2675} \quad (5)$$

#### Model C4

$$Sr = 5,4088 \cdot Ht^{0,6602} \cdot Da^{0,4223} \cdot Te^{0,4883} \quad (6)$$

#### Keterangan:

Sr = muatan sedimen rerata (ton/km<sup>2</sup>/tahun)

### Interpretasi Bentuk lahan

Dalam interpretasi bentuklahan, yang digunakan adalah: kriteria densitas, kriteria relief/ bentuk, dan kriteria lokasi. Sedangkan untuk penamaan bentuklahan berdasarkan kesamaan relief, material, dan proses. Relief diukur pada foto udara, material penyusun diperoleh dari peta geologi, sedangkan proses diinterpretasi secara tidak langsung berdasarkan kenampakan yang ditinggalkan.

## Interpretasi bentuk penggunaan lahan

Bentuk penggunaan lahan diinterpretasi berdasarkan unsur-unsur interpretasi. Unsur-unsur interpretasi yang digunakan adalah: rona/warna, tekstur, pola, situs, dan asosiasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah foto udara inframerah berwarna. Foto udara inframerah berwarna direkam dengan panjang gelombang saluran hijau (0,5 - 0,6 mm), saluran merah (0,6 - 0,7 mm), dan saluran inframerah dekat (0,7-0,9 mm) (Sutanto, 1987).

Pengenalan obyek pada citra mendasarkan pada ciri obyek yang terekam pada citra. Ciri tersebut adalah (1) ciri spektral, (2) ciri spasial, dan (3) ciri temporal. Ciri spektral tercermin pada rona. Ciri spasial meliputi bentuk, ukuran, bayangan, tekstur, pola, situs, dan asosiasi. Ciri temporal terkait dengan saat perekaman (Sutanto, 1995).

Daerah pengaliran sungai secara hidrologis dipandang sebagai suatu sistem, yang memiliki tiga komponen, yaitu masukan (input), struktur sistem, dan keluaran (output). Hujan sebagai masukan, kondisi Daerah Pengaliran Sungai (DPS) sebagai struktur sistem, dan aliran keluar beserta materi yang terbawa merupakan keluaran (Seyhan, 1977 dalam Suharsono, 1998).

Di daerah hulu sungai, proses erosi mengakibatkan hilangnya lapisan tanah atas. Hilangnya lapisan tanah atas berakibat menurunnya produktivitas pertanian. Di bagian hilir, material hasil erosi yang terangkut oleh aliran air diendapkan. Pengendapan sedimen di dasar sungai mengakibatkan alur sungai semakin dangkal sehingga kapasitas mengalirkan air semakin berkurang. Pengendapan sedimen pada dasar waduk mengakibatkan daya tampung airnya semakin berkurang (Suharsono, 1998).

Perubahan penggunaan lahan merupakan faktor pengontrol terhadap erosi, dan lapisan tanah atas merupakan sumber utama hasil sedimen (de Boer, H., 1997). Hasil sedimen adalah jumlah bahan tererosi total yang terbawa hanyut dari sumbernya hingga mencapai titik pengukuran di bagian hilir sungai seperti waduk (Chow, 1964). Dilihat dari cara terangkutnya oleh air, sedimen dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu (1) muatan sedimen tersuspensi, dan (2) muatan dasar (Suharsono, 1998).

Hasil penelitian Wilby et al; (1997) mengemukakan bahwa ada hubungan yang kuat antara pola iklim dan konsentrasi sedimen tersuspensi yang berasal dari penggunaan lahan yang berbeda.

Workshop "Scaling up in hydrology using remote sensing" yang diadakan di

Institute of Hydrology, Inggris, pada Juni 1996 merekomendasikan beberapa hal. Rekomendasi tersebut adalah: (1) memodifikasi model hidrologi dengan memasukkan data yang diperoleh dari penginderaan jauh, (2) menyusun model baru untuk menghasilkan output yang dapat dibandingkan dengan hasil dari penginderaan jauh, misalnya radiometrik temperatur permukaan tanah, (3) membanding hasil dari model, baik tanpa atau dengan masukan data penginderaan jauh, dengan hasil pengukuran lapangan, (4) membandingkan sejumlah model yang memanfaatkan data penginderaan jauh dari beberapa lokasi (Stewart et al., 1998).

Pendugaan besarnya sedimen tersuspensi dapat didekati dengan mendasarkan pada karakter fisik lahan dan data hujan (Suharsono, 1998). Karakter lahan dan kondisi daerah pengaliran sungai pada prinsipnya dapat ditafsirkan melalui interpretasi foto citra penginderaan jauh (Lillesand dan Kiefer, 1994 dalam Suharsono, 1998). Hal ini karena data penginderaan jauh menyajikan kenampakan obyek di permukaan bumi relatif, sesuai dengan wujud dan letaknya di permukaan bumi, relatif lengkap, permanen (Sutanto, 1986).

Suharsono (1998), melakukan penelitian dengan membuat model empiris untuk pendugaan muatan muatan sedimen tersuspensi. Desertasinya

berjudul "Model Untuk Pendugaan Muatan Sedimen Tersuspensi Menggunakan Data Penginderaan Jauh". Penelitian ini mencoba mencari model berupa formula empiris untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi, dengan menggunakan citra penginderaan jauh sebagai sumber data utamanya, ditambah dengan data hujan. Variabel hujan yang digunakan ada dua macam yakni tebal hujan 3 bulan terbasah dan tebal hujan tahunan dan 9 variabel karakter fisik daerah pengaliran sungai yang dikaji hubungan dan peranannya terhadap muatan sedimen tersuspensi di 19 sampel pengamat. Data karakter fisik DPS hampir seluruhnya ditafsirkan dari data penginderaan jauh. Citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah: citra SPOT pankromatik hitam putih skala 1:50.000, citra SPOT paduan warna, citra Landsat paduan warna skala 1:100.000, skala 1:250.000, dan skala 1:500.000, foto udara pankromatik hitam putih skala 1:50.000, peta topografi skala 1:50.000, dan peta geologi skala 1:100.000. Pencarian model dilakukan dengan cara statistik dengan menggunakan analisis faktor dan regresi ganda bertatar terhadap data yang sudah ditransformasikan secara logaritmik. Hasil yang diperoleh berupa 17 model atau formula empiris untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi dalam bentuk persamaan perkalian dan pangkat. Setelah dilakukan uji ketepatan model di tiga lokasi terpilih, sebelas formula mempunyai ketepatan baik dan tiga

diantaranya mempunyai koefisien determinasi tinggi ( $R^2 > 0,17$ ) sehingga dianggap model andalan, walaupun setiap model hanya tepat digunakan pada DPS dengan dominasi litologi tertentu. Hasil yang lain adalah: dari 11 variabel fisik karakter DPS yang digunakan hanya 7 yang terpakai pada model andalan, termasuk 2 variabel hujan.

### **Interpretasi Bentuklahan**

Dalam interpretasi bentuklahan, yang digunakan adalah: kriteria densitas, kriteria relief/ bentuk, dan kriteria lokasi. Sedangkan untuk penamaan bentuklahan berdasarkan kesamaan relief, material, dan proses. Relief diukur pada foto udara, material penyusun diperoleh dari peta geologi, sedangkan proses diinterpretasi secara tidak langsung berdasarkan kenampakan yang ditinggalkan.

### **Relief**

Relief atau beda titik tertinggi dan terendah suatu tempat merupakan salah satu variabel pembentuk bentuklahan. Besarnya relief berpengaruh terhadap proses erosi dan sedimentasi. Pada lereng yang terjal proses erosi mudah terjadi, sedangkan pada lereng yang datar hingga landai, proses sedimentasi yang dominan terjadi.

Berdasarkan hasil pengukuran ini kemudian dilakukan uji lapangan untuk mengetahui ketelitian hasil pengukuran melalui foto udara. Pada penelitian ini diambil sampel untuk pengukuran lereng.

Berdasarkan hasil uji lapangan diperoleh besarnya kesalahan 12,33 % atau ketelitian 87,67%. Kesalahan ini dapat diakibatkan ketidaktepatan dalam menempatkan tanda apung (floating mark) dari paralaks meter pada foto udara.

### **Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan diinterpretasi pada foto udara. Pengenalan bentuk penggunaan lahan didasarkan atas unsur-unsur interpretasi yang berupa rona, tekstur, bentuk, pola, situs, dan asosiasi. Berdasarkan hasil interpretasi dan uji lapangan, penggunaan lahan daerah penelitian dibedakan menjadi enam penggunaan lahan. Enam penggunaan lahan tersebut terdiri dari: hutan dan pepohonan rapat, tegalan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, permukiman, dan semak. Berdasarkan uji lapangan terdapat ketepatan interpretasi 88,5% atau mengalami penyimpangan sebesar 11,5%. Kesalahan ini dianggap wajar karena foto udara yang digunakan 10 tahun lebih lama dari saat uji lapangan, sehingga sudah terjadi perubahan beberapa bentuk penggunaan lahan.

### **Model Pendugaan Muatan Sedimen Tersuspensi**

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model empirik dari Prapto Suharsono. Model ini didasarkan pada parameter karakteristik lahan. Untuk uji hasil penelitian digunakan data pengukuran lapangan oleh BTP DAS Surakarta tahun 1999.

Tabel 1. Perbandingan Prediksi Sedimen Tersuspensi Tahunan dengan Pengukuran Lapangan

| No | Prediksi dengan Model (ton/ha/tahun) | Pengukuran lapangan (ton/ha/tahun) | Ketelitian (%) |
|----|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 1  | A3 = 21,19                           | 18,45                              | 87,07 %        |
| 2  | C1 = 15,43                           | 18,45                              | 83,63 %        |
| 3  | C2 = 16,71                           | 18,45                              | 90,57 %        |

Sumber: data primer

Tabel 2. Perbandingan Prediksi Sedimen Tersuspensi rerata dengan Pengukuran Lapangan

| No | Prediksi dengan Model (ton/ha/tahun) | Pengukuran lapangan (ton/ha/tahun) | Ketelitian (%) |
|----|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| 1  | A8 = 21,93                           | 18,45                              | 84,13 %        |
| 2  | A9 = 22,89                           | 18,45                              | 80,1 %         |
| 3  | C4 = 23,47                           | 18,45                              | 78,6 %         |

Sumber: data primer

Berdasarkan prediksi dengan menggunakan 6 model ternyata model C2 mempunyai ketelitian paling tinggi yakni 90,57%, sedangkan ketelitian paling rendah adalah model C4 yakni 78,6%. Secara keseluruhan, rata-rata ketelitian untuk 6 model sebesar 84,01%. Dengan demikian model-model pendugaan muatan sedimen tersuspensi ini dapat digunakan untuk pendugaan muatan sedimen tersuspensi di DAS lainnya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Teknik penginderaan jauh khususnya menggunakan foto udara infra-

merah berwarna skala 1:10.000 dapat digunakan untuk identifikasi parameter fisik lahan yang berkaitan dengan prediksi sedimen tersuspensi di daerah penelitian. Rata-rata ketelitian hasil interpretasi adalah 88,1%, meliputi: ketepatan interpretasi penggunaan lahan sebesar 88,5%, interpretasi besarnya sudut lereng diperoleh ketelitian 87,67%.

2. Prediksi hasil sedimen tersuspensi dengan 6 model diperoleh ketelitian rata-rata 84,01% dengan rincian sebagai berikut: prediksi sedimen tersuspensi dengan model A3 diperoleh ketelitian 87,07%, model C1 diperoleh ketelitian 86,63%, model C2 diperoleh ketelitian 90,57%, model A8 diperoleh

ketelitian 84,13%, model A9 diperoleh ketelitian 80,1%, dan model C4 diperoleh ketelitian 78,6%.

#### Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk identifikasi paramater fisik lahan sebaiknya menggunakan hasil

perekaman yang sama atau mendekati saat penelitian.

2. Foto udara meskipun mempunyai resolusi spasialnya yang tinggi, tetapi resolusi temporalnya rendah. Oleh karena perlu digabungkan data penginderaan jauh yang lain yang resolusi temporalnya tinggi.
3. Meskipun model pendugaan muatan tersuspensi mempunyai ketelitian yang baik tetapi masih perlu dicobakan di DAS yang lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aronoff, S. 1991. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publication, Canada.
- Batalla, R.J. 1997. Evaluating Bed Material Transport Equations Using Field Measurement in A Sandy Gravel-Bed Stream, Arbusies River, NE Spain. *Earth Surface Processes and Landforms, Vol 22, 121-130. A Journal of Geomorphology.*
- De Boer, D.H. 1997. Changing Contributions of Suspended Sediment Sources In small Basins Resulting From European Settlement on the Canadian Prairies. *Earth Surface Processes and Landforms, Vol 22, 623-639. A Journal of Geomorphology.*
- Evan, M. 1997. Temporal and Spatial Representativeness of Alpine Sediment Yields: Cascade Mountains, British Colombia. *Earth Surface Processes and Landforms, Vol 22, 287-295. A Journal of Geomorphology.*
- Gao, J. and O'leary S. M. 1997. Estimation of Suspended Solids From Aerial Photograph in a GIS. *International Journal of Remote Sensing, Vol. 18, No. 10, 2073-2086.*
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York.
- Pearson, A.J. 1998. Sediment Transport Competence of Rain-Impacted Interill Overland Flow. *Earth Surface Processes and Landforms, Vol 23, 365-375. A Journal of Geomorphology.*

- Suharsono, P. 1998. Model Untuk Pendugaan Muatan Sedimen Tersuspensi Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Stewart, J. B. 1998. Scaling Up in Hydrology Using Remote Sensing: Summary of a Workshop. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 1, 181-184.
- . 1987. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Gadjah University Press, Yogyakarta.
- Van Zuidam, R. A. and Van Zuidam-Cancelado, F.I. 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photograph Geomorphological Approach*. ITC, Enschede, Netherlands.

# Lampiran 1. Peta Das Wuryantoro Wonogiri

