

# PEMANFAATAN FOTO UDARA DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM PENDUGAAN HASIL SEDIMEN DI DAS WURYANTORO WONOGIRI

*(The Use of Aerial Photograph and Geographical Information Systems for Prediction of Sediment  
Yield in Wuryantoro Watershed, Wonogiri)*

Oleh:

**Sugiharto Budi Santoso**

*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

*This research is carried out in Wuryantoro Watershed, Wonogiri, Central Java. The goal of this study is to examine the remote sensing technology capability to obtain the parameters of the physical data of land in the prediction of sediment yield. The approach used in landscape with the land unit as mapping unit by using MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) model.*

*The data analysis used the infrared aerial photo interpretation, which is combined by Geographical Information Systems (GIS). Infrared aerial photo on scale of 1: 10.000 in 1991 is used as primary source of data to obtain the parameters of physical data of land. The data analysis uses the Geographical Information Systems.*

*The prediction of the sediment yield is not done directly. First, predicted the run off characteristic, which contains of run off coefficient, run off volume and peak discharge. Then the run off characteristic with other influential factors (slope, soil, and land cover and conservation practice) are used to predict the sediment yield. The result of the prediction is tested by comparing them with the data of field measurement result. The accuracy of the result of aerial photo interpretation for prediction sediment yield is 89,45%.*

*Keywords: Sediment Yield, MUSLE, Geographical Information System, Model*

## PENDAHULUAN

Tanah dan air adalah sumberdaya alam yang sangat penting bagi kehidupan dan kesejahteraan manusia. Penggunaan sumberdaya alam oleh manusia yang tanpa memperhatikan aspek kelestarian dapat mengakibatkan menurunnya kualitas lingkungan. Menurunnya kualitas

lingkungan akan berdampak pada menurunnya produktivitas lahan. Oleh karena itu, pengelolaan sumberdaya alam yang berwawasan lingkungan mutlak diperlukan.

Erosi yang terjadi terus menerus mengakibatkan penurunan kesuburan

tanah dan akhirnya menyebabkan kemerosotan daya dukung lahan. Lapisan tanah yang terangkut oleh aliran permukaan, 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.

Di daerah tangkapan Waduk Gajahmungkur proses erosi masih berlangsung. 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 berasal 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 (Sukresno dan Rahardyan N.A., 2001).

Data permukaan bumi hasil perekaman dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh telah dilakukan sejak tahun 1919. Pada tahun 1919 telah dimulai upaya pemotretan melalui pesawat terbang dan interpretasi foto udara (Howard, 1990). Pemanfaatan data penginderaan jauh masih perlu terus dikembangkan. Salah satu kemungkinan pemanfaatan data pengin-

deraan jauh yang dapat dikembangkan adalah untuk pendugaan hasil sedimen. Pada daerah-daerah dengan curah hujan tinggi dengan intensitas yang besar menjadikan erosi dan pengangkutan sedimen berlangsung sangat intensif.

Penelitian 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, maka dengan cara terestrial akan memerlukan waktu, tenaga dan biaya yang relatif lebih banyak. Pada penelitian yang memanfaatkan teknik 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.

Foto udara inframerah berwarna digunakan dalam penelitian ini sebagai sumber data utama untuk perolehan data karakteristik fisik lahan. Hasil inventarisasi sumberdaya alam dari data penginderaan jauh perlu diolah dan diproses sehingga menjadi suatu informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Hasil inventarisasi ini akan mudah dipahami apabila disajikan dalam bentuk peta, karena peta dapat menyajikan distribusi secara keruangan tentang sumberdaya alam, disamping itu luas obyeknya dapat diukur.

Perolehan data fisik permukaan bumi dari foto udara, selanjutnya perlu diolah dan diproses sehingga menjadi suatu informasi yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Informasi tersebut dapat berupa grafik, tabel, deskripsi maupun peta. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pengelolaan data keruangan yang mampu mengolah data, baik data grafis maupun data non grafis, sistem ini dikenal dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG berbasis komputer dapat digunakan untuk membantu melakukan pengolahan dan pemrosesan data secara cepat.

Besarnya hasil sedimen dapat diperkirakan dengan model empirik. Model empirik Wishmeier dan Smith yang dimodifikasi William (1975 dalam Singh, 1989) mendasarkan pada parameter fisik lahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi sebagian besar dapat diidentifikasi pada foto udara.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dalam pendugaan hasil sedimen dengan mendasarkan pada parameter fisik lahan menggunakan model MUSLE dengan bantuan SIG. Daerah penelitian adalah DAS Wuryantoro, diatas Waduk Gajahmungkur, Kabupaten wonogiri.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di DAS Wuryantoro di atas tangkapan Waduk Gajahmungkur, wonogiri. Luas daerah

penelitian adalah 3.269,82 Ha. Berdasarkan letak bujur dan lintang, DAS Wuryantoro terletak antara 110°48'27,79" BT dan 110°52'32,2" BT serta antara 7°49'55,93"LS dan 7°54'38,73"LS.

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1). Foto udara inframerah berwarna skala 1:10.000; 2). Peta geologi skala 1:100.000 Lembar Surakarta-Giritontro; 3). Peta tanah skala 1:50.000; 4) Data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan harian otomatis bulan Pebruari, April dan Mei 2000. Data ini diperoleh dari instansi BTP DAS, Surakarta. Data curah hujan digunakan dalam perolehan intensitas hujan, tebal aliran permukaan, volume limpasan dan debit puncak.
2. Alat yang digunakan adalah alat untuk kerja lapangan, laboratorium, serta seperangkat komputer.

Satuan pemetaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satuan lahan. Peta satuan lahan disusun dari peta bentuklahan, peta lereng, peta tanah, dan peta penggunaan lahan. Peta bentuklahan diinterpretasi dari foto udara dibantu peta geologi dan peta topografi. Peta lereng diinterpretasi dari foto udara dengan dibantu peta topografi. Peta penggunaan lahan diinterpretasi dari foto udara. Peta tanah berdasarkan peta tanah yang sudah

ada. Peta dasar yang digunakan untuk pemindahan hasil interpretasi adalah peta topografi skala 1:50.000. Pemindahan dilakukan dengan cara menentukan titik ikat medan yang nampak pada foto udara yang disesuaikan dengan titik koordinat yang ada pada peta topografi. Pemindahan dilakukan pada program Arc/Info.

Tiap satuan lahan ditentukan kontribusi hasil sedimennya. Hasil sedimen total dari sub DAS merupakan penjumlahan dari hasil sedimen tiap satuan lahan. Variabel yang diukur adalah: indeks erosivitas limpasan (Rw), indeks erodibilitas tanah (K), indeks panjang dan kemiringan lereng (LS), indeks faktor tanaman (C), dan indeks pengelolaan tanaman (P).

Indeks erosivitas limpasan diperoleh berdasarkan perkalian antara volume limpasan (Vq) dan debit puncak (Qp). Volume limpasan diperoleh dari perkalian luas tiap satuan lahan dengan tebal aliran permukaan. Luas tiap satuan lahan diukur pada foto udara, sedangkan tebal hujan diperoleh dari data hujan. Debit puncak dihitung dengan menggunakan rumus rasional,  $Qp = 0,278.C.I.A$ , dimana C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas hujan, dan A adalah luas satuan lahan.

Indeks erodibilitas tanah ditentukan dengan menggunakan sifat tanah, meliputi % debu, % pasir, dan %

pasir halus, struktur tanah, kandungan bahan organik, dan permeabilitas. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) diturunkan dari data lereng dengan menggunakan rumus Arsyad (1987). Faktor tanaman dan pengelolaan lahan (CP) diinterpretasi dari foto udara.

Besarnya hasil sedimen dihitung dengan memasukkan nilai masing-masing faktor penentu pada setiap satuan lahan. Hasil sedimen untuk Sub DAS Wuryantoro merupakan penjumlahan hasil sedimen dari tiap satuan lahan. Hasil tersebut dibandingkan dengan data sekunder hasil pengukuran lapangan, untuk mengetahui ketelitian prediksi hasil sedimen model MUSLE. Formula yang digunakan untuk prediksi hasil sedimen adalah:

$$Sy = 11,8 (Vq \cdot Qp)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot CP \dots (1)$$

Sy = hasil sedimen untuk hujan sesaat (ton/ha/hujan)

Vq = volume limpasan ( $m^3$ )

Qp = debit puncak ( $m^3/dt$ )

K = faktor erodibilitas tanah

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng

CP = faktor tanaman dan pengelolaan lahan

(Sumber: William, 1975 dalam Singh, 1989).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Interpetasi Foto Udara Untuk Pembuatan Peta Satuan Lahan

Peta satuan lahan disusun dari peta bentuklahan, peta lereng, peta tanah dan peta penggunaan lahan. Kriteria yang digunakan dalam penyusunan satuan bentuklahan adalah berdasarkan kriteria relief, material penyusun, dan proses geomorfologi. Dalam pengenalan bentuklahan pada foto udara kriteria yang digunakan adalah kriteria bentuk atau relief, kriteria densitas, dan kriteria lokasi. Relief dapat diamati dan didelineasi pada pasangan foto udara yang bertampalan. Perbedaan obyek dapat menimbulkan beda rona. Material penyusun diperoleh dari peta geologi, sedangkan proses geomorfologi diidentifikasi berdasarkan hasil proses yang ditinggalkan. Pada foto udara dapat diamati kesan topografi yakni berupa perbukitan dengan lereng terjal yang tampak, pola alirannya lurus dengan lembah berbentuk huruf V karena proses yang dominan adalah pendalaman lembah. Hasil kikisan (torehan) ditandai dengan rona yang cerah dengan sedikit vegetasi.

Besarnya sudut lereng diinterpretasi dari pasangan foto udara yang bertampalan. Kesan tiga dimensi dapat terlihat pada foto udara yang bertampalan. Lereng dapat diukur pada foto udara berdasarkan pada perbedaan paralak.

Pengenalan bentuk penggunaan lahan pada foto udara didasarkan atas unsur-unsur interpretasi yang berupa rona, tekstur, bentuk, pola, situs, dan asosiasi. Berdasarkan hasil interpretasi dan uji lapangan, daerah penelitian dibedakan tujuh bentuk penggunaan lahan, yakni hutan, kebun campur, tegalan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, permukiman dan semak.

Peta tanah tidak diinterpretasi dari foto udara tetapi berdasarkan peta tanah yang sudah ada. Berdasarkan hasil tumpangsusun peta bentuklahan, peta kelas lereng, peta tanah dan peta penggunaan yang menghasilkan peta satuan lahan, DAS Wuryantoro dapat dibedakan menjadi 40 satuan lahan (Peta 1).

### Hasil Sedimen

Penelitian ini menggunakan pendekatan MUSLE (*modified Soil Loss Equation*). Rumus MUSLE dikembangkan untuk prediksi hasil sedimen pada kejadian hujan tunggal (sesaat), variabel yang digunakan dalam prediksi hasil sedimen mendasarkan pada karakteristik fisik lahan yang sebagian besar datanya dapat diinterpretasi dari foto udara. Data hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini dipilih pasangan data ARR (*Automatic Rain Recorder*) dan AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) yang baik agar dapat memenuhi kriteria yang ditetapkan. Tabel 1 menyajikan perbandingan hasil sedimen dari prediksi dan

Tabel 1. Perbandingan hasil sedimen (Sy) antara prediksi dan data lapangan

No	Tanggal kejadian hujan	Hasil Sedimen (Sy) (ton/hujan)		Penyimpangan (%)
		Prediksi	Lapangan	
1	03 - 2 - 2000	6.353,86	5.602,34	11,83
2	12 - 2 - 2000	6.712,76	6.002,89	10,57
3	19 - 2 - 2000	1.790,33	1.525,89	14,77
4	06 - 4 - 2000	938,88	1.081,22	13,16
5	01 - 5 - 2000	2.559,41	2.206,39	13,79
rerata		3.672,05	3.283,75	12,83

Sumber: data primer

data lapangan untuk lima kejadian. Persebaran hasil sedimen daerah penelitian untuk tiap satuan lahan disajikan pada Peta 2.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pendugaan hasil sedimen hasil prediksi menyimpang 12,83% terhadap data lapangan atau mempunyai ketelitian 87,17%. Dengan demikian foto udara dapat dimanfaatkan untuk prediksi hasil sedimen.

Angka terbesar hasil sedimen dijumpai pada satuan lahan S4 V Li Pm atau perbukitan struktural berbatuan andesit, lereng >30%, jenis tanah Litosol dan penggunaan lahan permukiman untuk tiap kejadian hujan. Besarnya hasil sedimen ini karena pada lahan permukiman tersebut terletak pada lereng kelas V serta keberadaan pepohonan yang sangat jarang atau masih kecil. Pepohonan yang jarang atau masih kecil terjadi karena pemanfaatan yang

berlebihan, terutama untuk kayu bakar. Tanaman lain yang umum ditanam disekitar rumah di pedesaan seperti rumput, tanaman hias ataupun obat juga sedikit dijumpai. Kondisi konservasi dan penutup lahan yang jelek serta menempati kelas lereng >30%, sehingga memperbesar angka hasil sedimen.

Angka hasil sedimen terkecil dijumpai pada satuan lahan F1 I Gr Si (kompleks dataran aluvial dengan lereng kelas I, jenis tanah grumosol, dan penggunaan lahan sawah irigasi) sebesar 0,0001 ton/ha/hujan untuk tiap kejadian hujan. Angka terkecil disebabkan karena telah dilakukan konservasi dengan baik berupa penerasan serta berada pada lereng <5%. nampak dari foto udara berupa garis-garis tipis halus yang merupakan galengan yang ditanami jenis rumput-rumputan.

Pengaruh utama besarnya angka hasil sedimen adalah erosivitas limpasan,

sehingga kenaikan atau penurunan erosivitas limpasan tiap satuan lahan diikuti pula oleh kenaikan atau penurunan hasil sedimen. Salah satu faktor yang mempengaruhi erosivitas limpasan adalah intensitas hujan. Ada hubungan yang signifikan antara lereng dan penggunaan lahan permukiman. Kenaikan kelas lereng diikuti pula oleh kenaikan angka hasil sedimen. Kondisi ini tidak berlaku untuk bentuk penggunaan lahan lain. Hal ini terjadi karena pemanfaatan dan konservasi lahan yang berbeda-beda menyebabkan angka yang berbeda pula.

#### **Pemanfaatan SIG Dalam Pemetaan Hasil Sedimen**

Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan SIG berbasis komputer. SIG berbasis komputer mempunyai kemampuan secara cepat untuk 1) memasukkan data grafis dan data tabel, serta mampu mengga-bungkan keduanya, 2) melakukan perhitungan, 3) analisis peta yang berupa tumpang susun, 4) menayangkan data grafis dan tabel, serta 5) pembaharuan data. Namun demikian, kualitas keluaran sangat tergantung pada data masukannya. Pada penelitian ini, skala foto dengan peta yang penulis gunakan tidak sama. Untuk menyamakan peta hasil

interpretasi dengan peta-peta yang lain seperti peta topografi tidak mengalami hambatan.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

Teknik penginderaan jauh khususnya menggunakan foto udara inframerah berwarna skala 1:10.000 dapat digunakan untuk identifikasi parameter fisik lahan yang berkaitan dengan prediksi hasil sedimen di daerah penelitian. Prediksi hasil sedimen mempunyai ketelitian 89,45%.

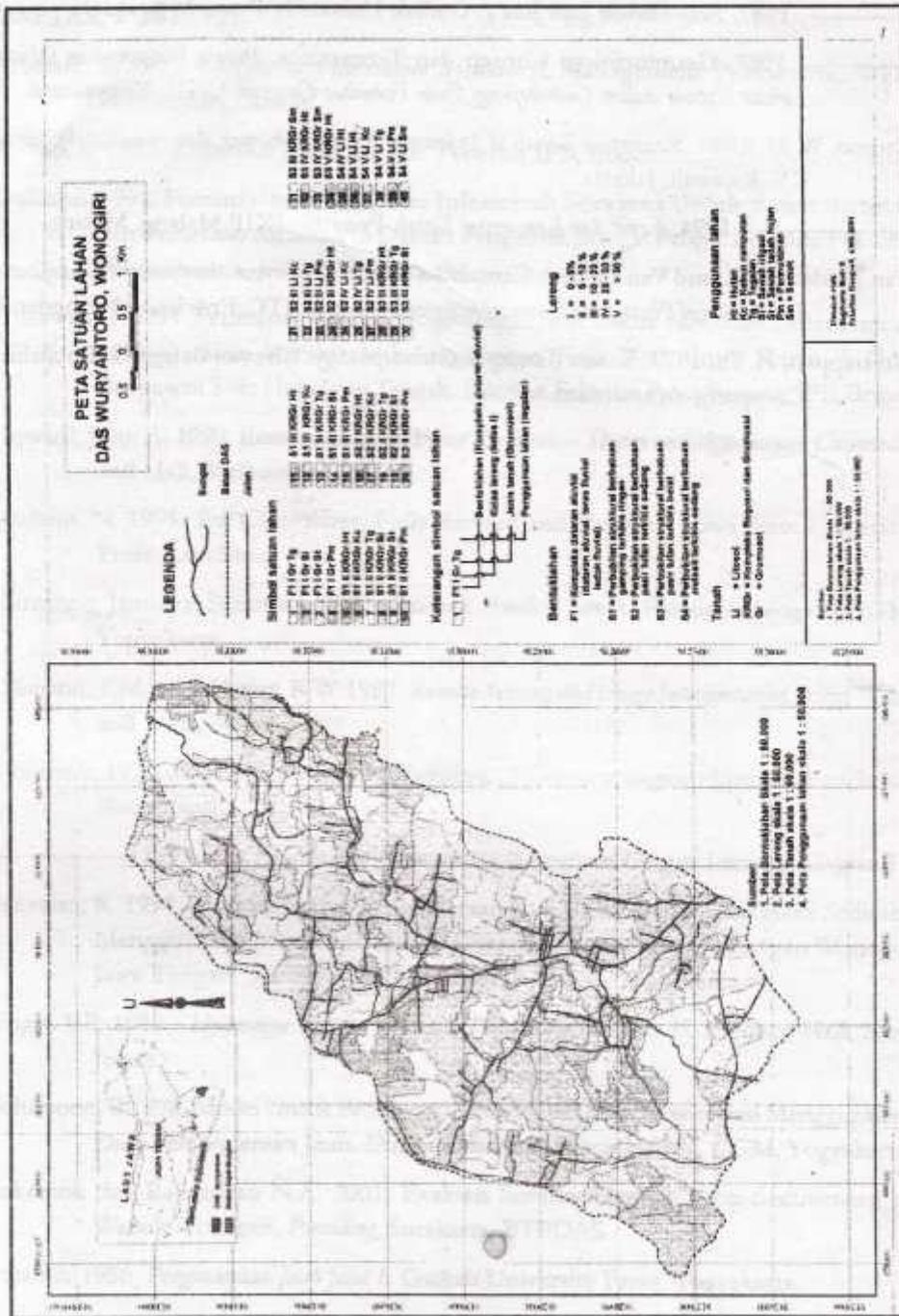
Berdasarkan kesimpulan dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk identifikasi parameter fisik lahan sebaiknya menggunakan hasil perekaman yang mendekati saat penelitian.
2. Foto udara meskipun mempunyai resolusi spasialnya yang tinggi, tetapi resolusi temporalnya rendah. Oleh karena perlu digabung dengan data penginderaan jauh yang lain yang resolusi temporalnya tinggi.

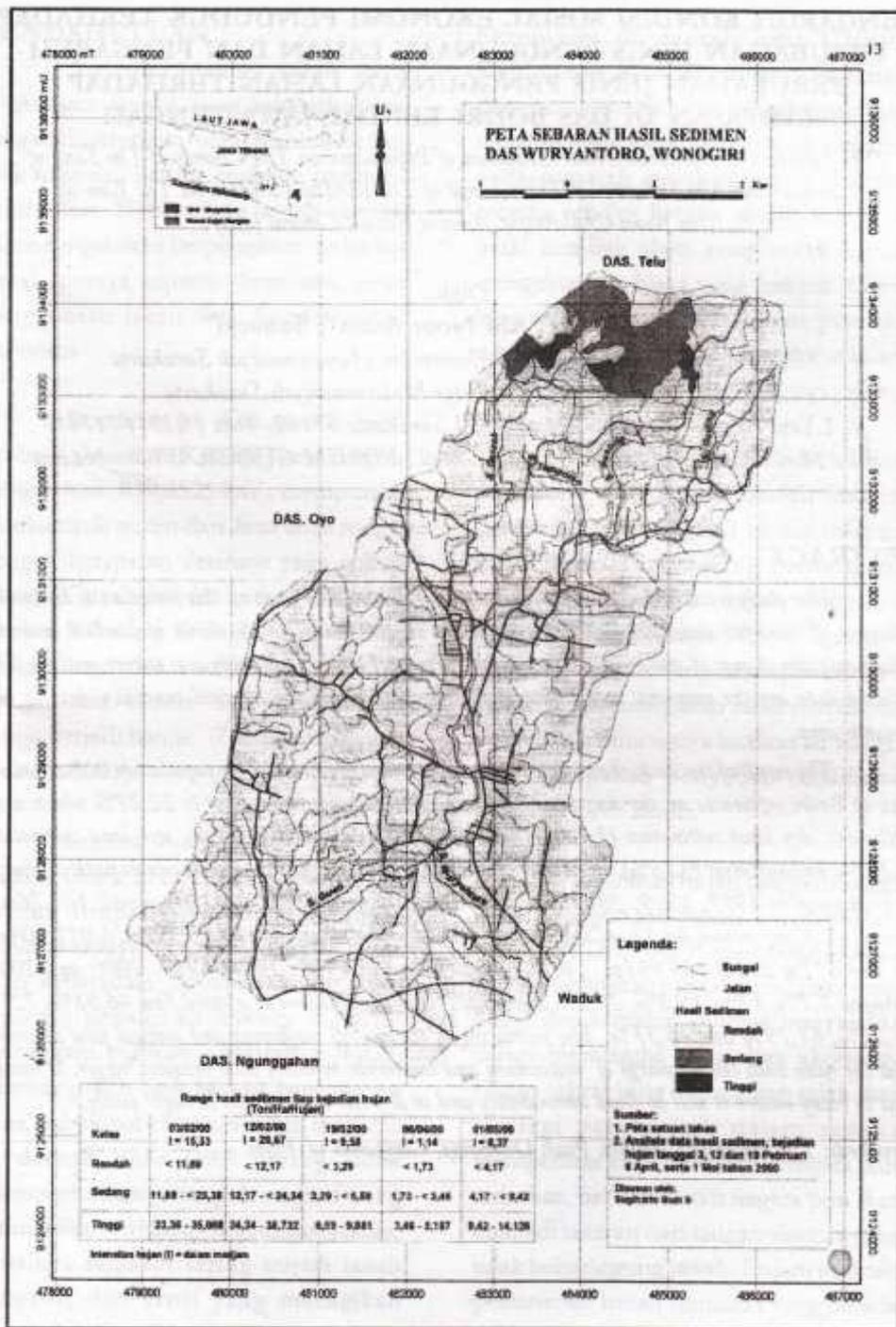
## DAFTAR PUSTAKA

- Aronoff, S. 1991. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publication, Canada.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbit IPB, Bogor.
- Dulbahri. 1992. Pemanfaatan Foto Udara Inframerah Berwarna Untuk Kajian Airtanah dan Pemetaan Airtanah di Daerah Pengaliran Sungai Progo. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Gunawan, T. 1991. Penerapan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS, Studi Kasus di DAS Bengawan Solo Hulu Jawa Tengah. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Howard, John A. 1990. *Remote Sensing of Forest Resources – Theory and Application*, Chapman and Hall, Melbourne.
- Hudson, N. 1995. *Soil Conservation*, Fully Revised and Updated. Iowa State University Press, London.
- Karmono, Jamulya, Suratman, 1981. *Petunjuk Analisa Tanah*. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York.
- Meijerink. 1970. *Photo Interpretation in Hydrology, A Geomorphological Approach*. Enschede, Netherland.
- . 1995. *Soil Erosion and Conservation*. Longman Group Limited, England.
- Setiawan, R. 1994. Aplikasi Teknik Penginderaan Jauh Untuk Pendugaan Hasil Sedimen Menggunakan Model MUSLE di Daerah Aliran Sungai Demangan Wonogiri Jawa Tengah. *Skrripsi*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Singh, V.P. 1989. *Hydrologic System, Watershed Modeling, Volume II*, Prentice Hall, New Jersey.
- Suharsono, P. 1998. Model Untuk Pendugaan Muatan Sedimen Tersuspensi Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Sukresno dan Rahardyan N.A. 2001. Evaluasi Sumber-Sumber Erosi-Sedimentasi di Waduk Wonogiri, *Prosiding*, Surakarta, BTPDAS.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Gadjah University Press, Yogyakarta.

- . 1987. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Gadjah University Press, Yogyakarta.
- . 1987. *Geomorfologi Konsep dan Terapannya. Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala dalam Geomorfologi Pada Fakultas Geografi UGM*, Yogyakarta.
- Utomo, W. H. 1989. *Konservasi Tanah di Indonesia, Suatu Rekaman dan Analisa*. Penerbit CV. Rajawali, Jakarta.
- . 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Penerbit IKIP Malang, Malang.
- Van Zuidam, R. A. and Van Zuidam-Cancelado, F.I. 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photograph Geomorphological Approach*. ITC, Enschede, Netherlands.
- Verstappen, H.Th. 1977. *Remote Sensing in Geomorphology*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.



Peta 1. Satuan Lahan DAS Wuryantoro



Peta 2. Sebaran Hasil Sedimen DAS Wuryantoro