

## EVALUASI ALIRAN PERMUKAAN, EROSI DAN SEDIMENTASI DI SUB DAS CISADANE HULU DENGAN MENGGUNAKAN MODEL AGNPS (AGRICULTURAL NON POINT SOURCE POLLUTION MODEL)

*Evaluation Of Runoff, Erosion And Sedimentation For Upper Cisadane Watershed Using AGNPS Model ( Agricultural Non Point Source Pollution Model)*

Sukandi Sukartaatmadja<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*Composition of a good watershed management planning needs accurate information about erosion, runoff and its quality, so that its model for short term, middle term and long term goal can be projected. The model had been used is AGNPS (agricultural non point source pollution model) is developed by Robert A. Young, Charles A. Onstad, David D. Bosch, and Wayne P. Anderson in 1987. The objective of this research is to predicted the hydrology's response of Upper Cisadane Watershed at the present including runoff volume, runoff peak rate, annual erosion and sediment weight and to looked for the effects of soil conservation had been done with rehabilitation activities plan to watershed condition using AGNPS model which is divided into two plans.*

*The effects of soil conservation activities by a better plan which is suited with Upper Cisadane Watershed could decreased runoff volume, runoff peak rate, annual erosion and sediment weight into 20 % so that it could repaired the condition of Upper Cisadane Watershed which is dangerous before.*

**Keywords :** AGNPS, runoff, erosion, sediment, soil conservation, plan

*Diterima: 9 Mei 2006; Disetujui: 30 Mei 2006*

### PENDAHULUAN

Untuk menyusun suatu perencanaan pengelolaan das yang baik, diperlukan informasi yang akurat tentang laju erosi, aliran permukaan dan kualitasnya. Berdasarkan informasi tersebut dapat dirancang model dan pola penggunaan lahan (*land use*) serta tingkat masukan konservasi untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang (Irianto Abujamin, 1990). Pengelolaan DAS

secara terpadu melalui upaya-upaya konservasi tanah merupakan langkah nyata dalam melaksanakan fungsi dan manfaat ekosistem DAS tersebut serta semua sumberdaya alam didalamnya, dalam arti kata meningkatkan sumberdaya air, kualitas air dan produktivitas lahan.

AGNPS diperlukan karena merupakan suatu model prediksi yang tidak saja bersifat distribusi tetapi juga dapat menyajikan tiga jenis informasi dasar

<sup>1</sup> Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor 16002

sekaligus, yaitu : erosi, aliran permukaan dan tingkat pencemaran air oleh bahan polutan, baik dalam bentuk sedimen maupun hara yang berasosiasi dengan aliran permukaan dan sedimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi respon hidrologis sub DAS cisadane hulu terbaru berupa volume dan laju puncak aliran permukaan, besar erosi dan sedimentasi tahunan serta melihat pengaruh teknik konservasi tanah yang dilakukan dengan skenario kegiatan rehabilitasi terhadap kondisi sub DAS tersebut menggunakan model AGNPS (*agricultural non point source pollution model*).

## BAHAN DAN METODE

Pekerjaan yang dilakukan adalah mempelajari program AGNPS dan menentukan parameter-parameter masukan ke dalam program AGNPS. Untuk data masukan program AGNPS dilakukan tahapan kegiatan sebagai berikut :

1. Membuat batasan Sub DAS Cisadane Hulu dengan menggunakan Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25 000.
2. Merancang posisi sel (grid) dengan ukuran 1.6 x 1.6 cm<sup>2</sup> atau seluas 16 ha (40 acre) sesuai skala peta dengan jumlah grid sebanyak 1465 sel.
3. Melakukan penomoran pada sel yang diberikan secara berurutan dari kiri atas ke kanan dengan nomor terbesar pada outletnya.
4. Menghitung curah hujan rata-rata Sub DAS Cisadane Hulu dengan metode Poligon Thiessen menggunakan data curah hujan harian periode ulang 25 tahun.
5. Input data curah hujan maksimum satu harian ke dalam program Rainbow selama 10 tahun (1989-1998) dengan periode ulang 25 tahun dari 4 stasiun hujan (Gunung Mas,

Ciawi, Pondok Gedeh dan Empang). Analisa ini digunakan untuk memprediksi kejadian limpasan yang terjadi pada setiap sel/grid dalam waktu satu hari.

6. Menghitung energi intensitas hujan ( $EI_{30}$ ) harian dengan input data curah hujan maksimum rata-rata periode ulang 25 tahun keluaran Rainbow dihubungkan dengan luasan yang didapat dari metode Thiessen.
7. Mengolah data curah hujan bulanan dari empat stasiun hujan (Gunung Mas, Ciawi, Pondok Gedeh dan Empang) tahun 1989-1998 dengan program Microsoft Excel untuk menghitung  $EI_{30}$  tahunan dan curah hujan rata-rata Sub DAS Cisadane hulu untuk hujan bulanan. Analisis dengan curah hujan bulanan ini digunakan untuk memprediksi besar erosi tahunan
8. Menentukan persentase tata guna lahan (pemukiman, kebun, ladang, semak belukar, sawah irigasi, sawah tadah hujan, hutan, tanah kosong, dan air/rawa) pada setiap grid sehingga diketahui bobot dari masing-masing tata guna lahan. Bobot ini adalah untuk menghitung dengan tepat setiap parameter masukan AGNPS yang berhubungan dengan faktor tata guna lahan (faktor C, P, koefisien Manning, *surface condition constanta*, dan *SCS curve number*).

Jika dalam satu sel untuk parameter tertentu terdapat lebih dari satu nilai, maka nilai parameter dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{L_1}{A_1} x P_1 + \frac{L_2}{A_2} x A_2 + \dots + \frac{L_n}{A_n} x P_n \quad (1)$$

Dimana,

$I$  = nilai input

$L$  = luas parameter

$A$  = luas sel

$P$  = nilai jenis parameter

$N$  = nomor parameter (1, 2, 3,...)

9. Identifikasi sel-sel pada peta topografi untuk menentukan parameter-parameter sel penerima, aspek kemiringan lereng, bentuk lereng dan panjang lereng. Menurut Seyhan (1993) untuk parameter kemiringan lereng ditentukan dengan persamaan:

$$LS = \frac{I \times (\sum n - 1)}{L} \times 100 \quad (2)$$

Dimana,

LS = kemiringan lereng (%)

I = kontur interval (m)

L = jarak antar lereng (m)

N = jumlah garis kontur pada lereng utama

Sedangkan nilai untuk panjang lereng sama dengan L pada persamaan di atas.

10. Pencatatan nilai faktor erodibilitas tanah yang didapat dari hasil penelitian Puslitbangtannak 1993 yang terdapat pada Peta Tanah Tinjau Mendalam, dengan pembobotan beberapa jenis tanah pada setiap grid/sel.
11. Nilai parameter dari setiap sel yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel dan dijadikan parameter masukan dalam program AGNPS. Kemudian dilakukan penyusunan struktur Sub DAS Cisadane Hulu menggunakan model simulasi AGNPS berikut seluruh parameter yang telah didistribusikan pada setiap sel.
12. Melihat keluaran (*output*) yang dihasilkan program berupa grafik/gambar dan tabel. Hasil ini adalah keluaran pada kondisi awal, yaitu kondisi aktual di lapangan sesuai dengan data-data yang diperoleh.
13. Menentukan alternatif-alternatif yang akan diambil dengan merubah faktor P (konservasi tanah) untuk memperkecil besar limpasan, erosi dan sedimentasi di Sub DAS Cisadane Hulu. Langkah-langkah yang akan diambil ditentukan

berdasarkan *output* yang diperoleh. Langkah-langkah tersebut dibagi ke dalam 2 skenario. Skenario pertama yang dilakukan adalah merubah tindakan konservasi lahan (faktor p) dengan teknik konservasi tanah metode vegetatif dan sipil teknis yaitu:

1. Ladang/tegalan dikonservasi dengan melihat kemiringan lereng sekitar 8 -15% pada lahan tersebut dibuat teras gulu dan yang sesuai dengan kemiringan lahan dan diberi tanaman kacang tanah-kedele (p-0.105)
2. Lahan-lahan semak dan tanah kosong dikonservasi dengan melihat kemiringan lahan sekitar 8-25 %, pada lahan tersebut dilakukan penanaman menurut kontur dengan klasifikasi kemiringan 9-20 % (p-0.75)
3. Kebun campuran ditambahkan dengan penutup tanah rendah dengan tingkat kerapatan tinggi (p - 0.1).

Langkah-langkah yang dilakukan pada skenario 2 adalah sama seperti skenario 1, tetapi spesifikasi ladang diubah menjadi jagung-kacang tanah mulsa + sisa tanaman dijadikan mulsa dengan tindakan konservasi tanah berupa teras gulud (p -0.006) dengan memperluas wilayah sedikit daripada skenario 1. Perubahan pada spesifikasi ladang adalah karena ladang memiliki persentase dominant dari luas yang mengalami erosi berat dan perlu dikonservasi sehingga diharapkan dari masukan faktor p yang lebih kecil akan menghasilkan keluaran yang lebih kecil pula. Selain itu, pada daerah yang mengalami erosi sangat berat terutama pada wilayah desa Tangkil, kecamatan Caringi diusahakan pembuatan *check dam* untuk membantu mengendalikan erosi dan sedimentasi. Walaupun tidak ada konstanta p untuk *check dam* ini, tetapi sangat bermanfaat untuk menahan sedimentasi akibat terjadinya erosi

14. Melakukan perbandingan pada keluaran-keluaran dari skenario 1 dan 2 berupa aliran permukaan, erosi dan sedimentasi tahunan dan menentukan alternatif yang lebih baik yang akan diambil untuk kemudian direkomendasikan dan dilaksanakan di Sub DAS Cisadane Hulu dalam rangka memperbaiki kondisi lahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang dikumpulkan untuk mengoperasikan model AGNPS adalah : curah hujan, luas dan jumlah sel, arah drainase dan sel penerima, kemiringan, panjang dan bentuk lereng, jenis dan kemiringan sisi saluran, serta kemiringan dan panjang saluran, faktor erodibilitas tanah ( $k$ ), faktor penutupan tanaman ( $c$ ) dan tindakan konservasi lahan ( $p$ ), koefisien kekasaran manning ( $n$ ), konstanta kondisi permukaan lahan (*surface condition constant*) dan angka kurva limpasan (*scs curve number*), tekstur tanah (*soil texture*), dan indikator saluran.

Besar curah hujan harian periode ulang 25 tahun yang digunakan untuk sub das cisadane hulu adalah 157.48 mm (6.2 inchi) dengan energi intensitas curah hujan selama 30 menit ( $ei_{30}$ ) sebesar 192 ft.ton.in.acre<sup>-1</sup>.hour<sup>-1</sup>. Hasil simulasi seperti ditunjukkan pada gambar 15 dan 16 masing-masing memperlihatkan selang kedalaman aliran antara 0.35 – 19.84 mm (0.09 – 5.04 inchi) dan besar puncak aliran permukaan pada selang 0.283 – 488.798 m<sup>3</sup>/det (10 – 17272 cfs), sedangkan hasil simulasi pada titik keluaran (*outlet*) untuk kedalaman aliran dan puncak aliran permukaan masing-masing sebesar 2.6 inchi dan 15530 cfs.

Simulasi dengan curah hujan bulanan ditujukan untuk memprediksi erosi total tahunan sehingga dapat diklasifikasikan ke dalam kelas erosi sangat ringan hingga

sangat berat dalam satuan ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>. Masukan curah hujan rata-rata tahunan sub DAS Cisadane hulu adalah sebesar 140.4 inchi dengan nilai energi intensitas hujan 30 menit ( $ei_{30}$ ) sebesar 2000 ft.ton.in.acre<sup>-1</sup>.hour<sup>-1</sup>.

Untuk simulasi kondisi awal dapat diketahui erosi total tahunan yang terjadi adalah sebesar 688.6 ton.acre<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup> atau 1700.84 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>. Berdasarkan klasifikasi bahaya erosi nilai erosi ini termasuk dalam kategori erosi sangat berat (= 480 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>). Nilai sedimentasi tahunan sebesar 201.05 ton.acre<sup>-1</sup>. Tahun<sup>-1</sup> (81.39 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>) dengan sdr sebesar 29 %. Persentase sel-sel dengan kategori sangat berat dan berat mendominasi sub DAS Cisadane hulu sebesar 56.93 %, sebaliknya sel-sel dengan erosi sangat ringan dan ringan hanya sebesar 43.07 %.

Skenario pertama yang dilakukan adalah merubah faktor tindakan konservasi lahan (faktor  $p$ ) dengan teknik konservasi tanah metode vegetatif dan sipil teknis yang efektif dan ekonomis, yaitu :

1. Ladang/tegalan dikonservasi dengan melihat kemiringan lereng sekitar 8-15 %, pada lahan tersebut dibuat teras guludan yang sesuai dengan kemiringan lahan dan diberi tanaman kacang tanah-kedelai ( $p = 0.105$ ).
2. Lahan-lahan semak dan tanah kosong dikonservasi dengan melihat kemiringan lahan sekitar 8-25 %, pada lahan tersebut dilakukan penanaman menurut kontur dengan klasifikasi kemiringan 9-20 % ( $p = 0.75$ ).
3. Kebun campuran ditambahkan dengan penutup tanah rendah dengan tingkat kerapatan tinggi ( $p = 0.1$ ).

Pada simulasi skenario 1 dapat diketahui erosi total tahunan yang terjadi adalah sebesar 640.65 ton.acre<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup> atau 1582.41 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>. Berdasarkan klasifikasi bahaya erosi nilai erosi ini masih termasuk dalam kategori

Tabel 1. Nilai dan persentase kenaikan/penurunan parameter model hasil simulasi

Parameter	Kondisi saat ini	Skenario 1		Skenario 2	
		Nilai	%	Nilai	%
Volume ap (mm) pada <i>outlet</i>	66.04	66.04	0.00	66.04	0.00
Laju puncak ap (m <sup>3</sup> /det) pada <i>outlet</i>	439.5	439.5	0.00	439.5	0.00
Erosi tahunan (ton/ha)	1700.84	1582.41	-6.96	1499.19	-11.86
Hasil sedimen (ton/ha)	81.39	78.51	-3.54	73.29	-9.95
Total			-10.5		-21.81

Sumber : Keluaran Model AGNPS, 2006

erosi sangat berat ( $\geq 480 \text{ ton.ha}^{-1}$ . tahun<sup>-1</sup>), tetapi mengalami penurunan sedikit. Persentase klasifikasi erosi berat dan sangat berat berkurang menjadi 56.25 %. Nilai sedimentasi tahunan sebesar 193.91 ton.acre<sup>-1</sup>. Tahun<sup>-1</sup> (78.51 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>) dengan sdr sebesar 30 %. Hal ini berarti terjadi penurunan banyaknya sedimen terangkut akibat peristiwa erosi yang dapat membahayakan. Sedangkan untuk aliran permukaan mengalami perubahan dalam distribusi daerah yang mengalami kedalaman aliran pada setiap *range* nilai *runoff volume*. Perubahan aliran permukaan ini dipengaruhi oleh adanya perubahan vegetasi penutupan lahan yang dilaksanakan dalam kegiatan konservasi tanah, sehingga faktor *curve number* dan kondisi permukaan tanah (*scc*) juga ikut berubah.

Langkah-langkah yang dilakukan pada skenario 2 adalah sama seperti skenario 1, tetapi spesifikasi ladang diubah menjadi jagung-kacang tanah mulsa + sisa tanaman dijadikan mulsa dengan tindakan konservasi tanah berupa teras gulud ( $p = 0.006$ ) dengan memperluas wilayah sedikit daripada pada skenario 1. Perubahan pada spesifikasi ladang adalah karena ladang memiliki persentase dominan dari luas yang mengalami erosi berat dan sangat berat dan perlu dikonservasi, sehingga diharapkan dari masukan faktor  $p$  yang lebih kecil akan menghasilkan keluaran

yang lebih kecil pula. Selain itu, pada daerah yang mengalami erosi sangat berat terutama pada wilayah desa tangkil, Kecamatan Caringin diusahakan pembuatan *check dam* untuk membantu mengendalikan erosi dan sedimentasi. Walaupun tidak ada konstanta  $p$  untuk *check dam* ini, tetapi sangat bermanfaat untuk menahan sedimentasi akibat terjadinya erosi.

Dari simulasi skenario 2 dapat diketahui erosi total tahunan yang terjadi adalah sebesar 606.96 ton.acre<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup> atau 1499.19 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>. Dengan demikian erosi dengan hasil simulasi skenario 2 telah mengalami penurunan lebih banyak daripada skenario 1. Persentase klasifikasi erosi berat dan sangat berat berkurang menjadi 54.61%, sedangkan kategori sangat ringan sampai sedang meningkat menjadi 45.39 %. Nilai sedimentasi tahunan sebesar 181.03 ton.acre<sup>-1</sup>. Tahun<sup>-1</sup> (73.29 ton.ha<sup>-1</sup>.tahun<sup>-1</sup>) dengan sdr sebesar 30 %. Hal ini berarti terjadi penurunan banyaknya sedimen terangkut akibat peristiwa erosi yang dapat membahayakan. Sedangkan untuk aliran permukaan mengalami perubahan dalam hal pendistribusian, lebih banyak dibandingkan dengan hasil skenario 1. Untuk nilai kedalaman aliran dan laju puncak aliran permukaan sama pada *outlet*. Pada skenario 2, daerah sasaran kegiatan konservasi tanah adalah pada wilayah yang mengalami erosi sangat berat dan memiliki potensi untuk

penyelenggaraan kegiatan tersebut. Di sub DAS Cisadane hulu ini, dipilih wilayah Kecamatan Caringin karena wilayah ini mengalami erosi sangat berat, padahal sebagian besar wilayahnya adalah lahan untuk pertanian sehingga memungkinkan kegiatan konservasi tanah. Kegiatan yang dilakukan adalah proyek hutan rakyat dengan penanaman menurut kontur menggunakan bibit-bibit tanaman seperti: suren, mahoni, petai, kayu manis, albazia, duren, tangkil dan maesopsis juga pada ladang-ladang rakyat dibuat teras gulud karena wilayah ini memiliki kemiringan 25-45 %. Kegiatan lainnya adalah pembangunan *check dam* sebanyak 3 unit di desa tangkil karena wilayah ini paling luas diantara desa lainnya di kecamatan caringin dan sesuai dengan kemiringan wilayahnya.

Berikut adalah perbandingan kondisi awal dan dua skenario hasil analisis model agnps yang telah dilakukan.

Dari Tabel 1 diketahui bahwa terjadi penurunan (-) persentase hasil erosi dan sedimen tahunan pada skenario 1 dan 2 dari kondisi awal. Namun, agar lebih efektif diambil skenario yang persentase penurunannya lebih besar, yaitu pada skenario 2. Sedangkan untuk volume dan besar puncak limpasan permukaan keluaran agnps hanya memperlihatkan nilai pada *outlet* saja, sehingga untuk ketiga *input* tersebut sama. Perbedaannya terletak pada pendistribusian nilai pada wilayah sub das cisadane hulu yang terdapat pada gambar-gambar *output*. Pada gambar-gambar keluaran tersebut, dapat diketahui bahwa wilayah yang mengalami kedalaman aliran dan laju puncak aliran permukaan tinggi telah berkurang menjadi lebih rendah setelah dilakukan skenario 1 dan 2. Maka, berdasarkan simulasi yang telah dilakukan untuk memperbaiki kondisi sub DAS Cisadane hulu yang meliputi limpasan permukaan, erosi dan sedimentasi, dipilih skenario 2 yaitu dengan melakukan tindakan konservasi

tanah berupa pembuatan teras gulud pada tegalan/ladang milik rakyat, penutupan kebun dengan tanaman berkerapatan tinggi, pembuatan *check dam* dan penanaman menurut kontur dalam proyek hutan rakyat.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Masukan (*input*) AGNPS kondisi awal pada Sub DAS Cisadane Hulu dari empat stasiun hujan (gunung mas, ciawi, pondok gedeh dan empang) dengan curah hujan maksimum satu harian periode ulang 25 tahun menghasilkan keluaran (*output*) kedalaman limpasan pada *outlet* sebesar 66.04 mm dan puncak aliran permukaan sebesar 439.5 m<sup>3</sup>/det, sedangkan dengan curah hujan bulanan menghasilkan erosi total tahunan sebesar 1700.84 ton/ha yang masuk dalam kategori sangat berat ( $\geq 480$  ton/ha/th) dan nilai sedimen tahunan sebesar 81.39 ton/ha. Persentase kategori erosi berat dan sangat berat sebesar 56.93 % dari seluruh luas das. Ini merupakan prediksi kondisi sub das cisadane hulu hasil data terbaru.
2. Dari kedua skenario yang telah dirancang, skenario 2 adalah alternatif yang lebih baik karena dapat menurunkan erosi dan sedimen total tahunan sebesar 21.81 % dari kondisi awal.
3. Sel-sel dengan nilai erosi berat dan sangat berat terletak pada daerah-daerah dengan faktor topografi yang besar dan daerah-daerah yang terbuka (tanah-tanah kosong, kebun dan ladang), sebaliknya sel-sel dengan nilai erosi kecil terletak pada daerah pemukiman, persawahan dan hutan alami.

4. Sel-sel dengan nilai limpasan tinggi terletak pada daerah-daerah pemukiman, tanah-tanah kosong, kebun dan perladangan sedangkan nilai limpasan kecil terletak pada daerah-daerah persawahan dan hutan alami.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, sitanala. 2000. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Asdak, s. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Balai Pengelolaan DAS Citarum-Ciliwung. 2003. Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Cisadane. BPDAS Citarum-Ciliwung, Departemen Kehutanan. Bogor.
- Bols, P.I. 1978. The Iso-Erodent Map of Java and Madura. Belgian Technical Assistance Project ATA 105 Soil Research Institute. Bogor. Indonesia.
- Hardjoamidjojo, S. dan Sukandi S. 1993. Teknik Pengawetan Tanah dan Air. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1992. Ilmu Tanah. Pt. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Hudson, N. 1989. Soil conservation. BT Batsford Ltd. London.
- Kartasapoetra, G. 1987. Teknologi Konservasi Tanah dan Air. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Nugroho, S. P. 2000. Analisis Aliran Permukaan, Sedimen dan Hara Nitrogen, Fosfor dan Kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Menggunakan Model AGNPS di Sub DAS Dumpul. Tesis. Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Prasetyo, D. E. 2003. Penggunaan Model Simulasi AGNPS (agricultural non point source pollution model) untuk Penentuan Manajemen Praktis Terbaik (best management practices, bmps). Skripsi. Jurusan teknik pertanian, IPB, bogor.
- Sarief, S. 1984. Konservasi Tanah dan Air. Pustaka Buana. Bandung.
- Swab, G. O., Frevert R. K., Edminster T. W. and Barnes K. K. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. 3rd edition. John Wiley and Sons. Inc. Toronto.
- Seyhan, E. 1990. Dasar-dasar Hidrologi. Gajah mada university press. Yogyakarta.
- Silitonga, R. Simulasi Tata Guna Lahan pada Model USLE di Sub DAS Cisadane Hulu. 1992. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, IPB, Bogor.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1993. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Supardi, G. 1979. Sifat dan Ciri Tanah. IPB. Bogor.
- Wibowo, B. Pendugaan Banjir, Erosi dan Sedimentasi pada Sub DAS Cigulung-Maribaya Mempergunakan Model Simulasi AGNPS. Skripsi. Jurusan Teknik Pertanian, IPB, Bogor.
- Wudianto, R. 1990. Mencegah Erosi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Young, R. A., Charles A. Onstad, David D. Bosch, and Wayne P. 1990. AGNPS (agricultural non-point source pollution model) user's guide version 3.51. Usda-ARS. Minnesota

