

PENGAJIAN DAN PENANGANAN DAERAH ALIRAN SUNGAI DENGAN PENDEKATAN MODEL ANSWERS

BAGIAN II : PREDIKSI EROSI, DAN SEDIMENTASI

Suharyono¹, Putu Sudira², Sukirno³

ABSTRACT

The amount of sediment which will leave to or deposit in the elements of watershed was able to be calculated by ANSWERS model at different land uses, soil types and land slopes. The simulation model resulted the soil erosion of 2,228 ton/ha or equal to 51,99 ton/ha/year at the existing rainfall (21,95 mm). Considering the tolerable soil erosion of the study area of 30 ton/ha/year, the optimal forest land area needed in this watershed is 70% of the total land area, where the soil erosion is still less than the tolerable soil erosion, that is 21, 98 ton/ha/year. This value is less than 58,77% of the existing soil erosion.

Kata-kata kunci : daerah aliran sungai, erosi, model distribusi, sedimentasi, simulasi.

PENDAHULUAN

Kerusakan DAS pada umumnya disebabkan oleh kegiatan pembangunan yang kurang memperhatikan ekosistem serta daya dukung sumber daya yang tersedia. Perubahan tata guna lahan dari hutan menjadi lahan pertanian seringkali mengakibatkan berkurangnya keseimbangan hidrologi yang ada di DAS (Higgit dan Rowan, 1996), yaitu peningkatan volume debit tahunan dan puncak banjir, meningkatnya erosi dan sedimentasi yang dampaknya akan mempercepat pendangkalan waduk, menurunkan kapasitas peresapan air tanah dan menurunkan aliran dasar pada musim kemarau.

Menurut Arsyad (1989) dalam Arief (1995), daerah aliran sungai (DAS) di Jawa pada umumnya telah mengalami erosi dengan laju yang cukup tinggi. Di Jawa sekitar 1,9 juta ha lahan produktif menjadi kritis. Laju erosi rata-rata berkisar 20 - 60 ton/ha/tahun. Untuk daerah-daerah di Indonesia besar erosi yang diperkenankan adalah 12,5 ton/ha/tahun atau setara dengan 2,5 mm/tahun. Pengurangan sedimentasi dan kehilangan nutrisi tanah dapat dilakukan dengan peningkatan cara pemanfaatan lahan yang lebih baik (Park, dkk., 1994). Banyak model *lumped* yang tidak mempertimbangkan distribusi spasial telah dibuat oleh para peneliti yang memperkirakan erosi dan sedimen pada sebuah DAS (Khanbilvardi dan Ragowski, 1984, Finkner, dkk., 1989, dan Reyes dkk., 1995). Model ANSWERS yang dikembangkan oleh Beasley dan Larry (1981) sebagai model distribusi yang mempertimbangkan

distribusi spasial dicoba diterapkan di Sub DAS Cigulung Maribaya untuk memprediksi besarnya erosi dan sedimentasi.

METODOLOGI

Produksi sedimen

Untuk pendugaan bahaya erosi, model ANSWERS menggunakan asumsi-asumsi yaitu :

1. Erosi dianggap tidak terjadi pada bagian bawah permukaan tanah
2. Sedimen dari satu elemen ke elemen lain akan meningkatkan lapisan permukaan di tempat tersebut.
3. Pada elemen saluran tidak terjadi erosi akibat hancuran butir hujan,
4. Pemindahan partikel tanah akibat pukulan butir hujan dianggap tidak ada.

Beberapa persamaan yang digunakan untuk menghitung sedimentasi dalam model ANSWERS adalah sebagai berikut :

- a. Pelepasan butir tanah oleh curah hujan (DETR) dapat ditentukan dengan persamaan Mayer dan Wischmeier (1969) dalam Beasley dan Larry (1981) ;

$$DETR = 0,108 * CDR * SKDR * A_i * R^2 \quad (1)$$

Dimana :

DETR = butir-butir tanah yang terlepas (kg/menit)

CDR = faktor tanaman (nilai C dari USLE)

SKDR = faktor erodibilitas tanah (nilai K dari USLE)

A_i = luas daerah pengamatan ke i (m^2)

R = intensitas curah hujan (mm/jam)

- b. Pelepasan butir tanah oleh aliran permukaan (DETF) dapat ditentukan dengan persamaan Mayer dan Wischmeier (1969) dan dimodifikasi dari persamaan Foster (1979) (dalam Beasley dan Larry, 1981) ;

$$DETF = 0,9 * CDR * SKDR * A_i * SL * Q \quad (2)$$

Dimana :

SL = derajat kemiringan lereng

Q = laju aliran setiap unit luas (m/jam)

¹ Alumni TP UGM Yogyakarta

² Staf Pengajar FTP-UGM Yogyakarta

c. Laju potensial pengangkutan sedimen (TF) ditentukan dengan persamaan ;

$$TF = 161 * SL * Q^{0,5} \quad \text{jika } Q < 0,046 \text{ m/mnt} \quad (3)$$

$$TF = 16320 * SL * Q \quad \text{jika } Q > 0,046 \text{ m/mnt} \quad (4)$$

Apabila kapasitas angkut aliran permukaan lebih rendah dari tanah yang dihancurkan, maka akan terjadi pengendapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Erosi dan Sedimentasi Sub DAS Cigulung

Dengan melakukan simulasi maka dihasilkan suatu set skenario yang dapat digunakan untuk menentukan pilihan yang terbaik dan optimal dan memenuhi kriteria yang ditetapkan. Besar erosi yang ditoleransi untuk DAS Cigulung adalah 2,5 mm/th (30 ton/ha/th). Perhitungan erosi dengan menggunakan model ANSWERS menghasilkan nilai erosi rata-rata pada kejadian hujan 21,95 mm sebesar 2228 kg/hektar (distribusi hujan yang menyebabkan erosi = 11,1% diperoleh dari stasiun hujan dilokasi penelitian), simulasi model ini untuk waktu selama 2500 menit, sehingga nilai ini setara:

$$(2.228 \text{ Ton/ha} : 2500 \text{ menit}) \times (24 \times 60 \times 365 \text{ menit} / \text{tahun}) \times 0.111 = 51.99 \text{ ton/ha/tahun}$$

Nilai di atas menunjukkan bahwa erosi yang terjadi di Sub DAS Cigulung telah melebihi batas toleransi yang telah ditentukan.

Pada model ANSWERS nilai sedimen yang ditoleransi merupakan nilai sedimen maksimum untuk suatu kejadian hujan yang menyebabkan erosi. Guna menentukan sedimen maksimum yang diijinkan diambil pada kejadian hujan 21,95 mm dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Sed Act}_2}{\text{Sed Tol}_2} = \frac{\text{Sed Act}_1}{\text{Sed Tol}_1} \quad (5)$$

Dimana :

Sed Act₂ = Sedimen aktual rata-rata tahunan (mm/tahun)

Sed Act₁ = Sedimen aktual maksimum saat ini(kg/ha)

Sed Tol₂ = Sedimen toleransi rata-rata tahunan (mm/tahun)

Sed Tol₁ = Sedimen toleransi rata-rata saat ini(kg/ha)

Dari persamaan di atas maka dengan sedimen maksimum sebesar 8379 kg/ha akan diperoleh nilai sedimen maksimum yang ditoleransi adalah sebesar 3757.59 kg/ha. Untuk mengkonversi besar sedimen maksimum ke dalam satuan ton/ha/tahun dipakai rumus di bawah ini :

$$\frac{8379 \text{ ton}}{2500 \text{ menit}} \times \frac{24 \times 60 \times 365 \text{ menit}}{\text{Tahun}} \times 0.111 = 195.54 \text{ ton/ha/tahun}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa sedimentasi maksimum adalah 195.54 ton/ha/tahun dan nilai sedimen maksimum yang masih dalam batas toleransi adalah :

$$\frac{3.757 \text{ Ton}}{2500 \text{ menit}} \times \frac{24 \times 60 \times 365 \text{ menit}}{\text{tahun}} \times 0.111 = 87.689 \text{ ton/ha/tahun}$$

Hasil di atas menunjukkan bahwa sedimentasi yang terjadi pada saat ini telah melebihi batas toleransi. Guna mengetahui penyebab erosi, maka dilakukan perhitungan besar sedimentasi dengan membagi besar erosi berdasarkan kategori kemiringan lahan, jenis tanah, dan tata penggunaan lahan dalam bentuk nilai sedimentasi rata-rata yang meninggalkan elemen (tanda -) maupun yang mengendap pada elemen (tanda +) seperti terlihat pada Tabel 1, 2, 3 di bawah ini :

Tabel 1 : Nilai Sedimentasi Rata-rata Pada Sub DAS Cigulung Berdasarkan Kelerengan Lahan (Kg/Ha).

Kelas Kemiringan (%)	Jumlah elemen		Total sedimen		Sedimen Rata-rata	
	+	-	+	-	+	-
0 - 5	0	0	0	0	0	0
5 - 20	4	7	8379	4815	83.79	19.26
20 - 35	2	43	3266	132044	65.32	122.783
35 - 50	1	33	3730	28390	149.2	34.41
> 50	0	56	0	174480	0	124.63
Total	7	139	15375	339729		

Tabel 2 : Nilai Sedimentasi Rata-rata Pada Sub DAS Cigulung Berdasarkan Jenis Tanah (Kg/Ha).

Jenis Tanah	Jumlah elemen		Total sedimen		Sedimen Rata-rata	
	+	-	+	-	+	-
Andosol	4	127	15753	233976	157.73	73.69
Pemukiman	0	15	0	105753	0	282.01
Total	4	142	15753	339729		

Sumber : Puslitbang Pengairan DPU Bandung, 1997.

Tabel 3 : Nilai Sedimentasi Rata-rata Pada DAS Cigulung Berdasarkan Penggunaan Tanah (Kg/Ha).

Jenis Penggunaan Lahan	Jumlah Elemen		Total Sedimen		Sedimen Rata-rata	
	+	-	+	-	+	-
Hutan	1	67	3730	5122	149.20	3.058
Sawah	2	9	8423	42456	168.46	188.690
Kebun campuran	0	58	3222	239119	128.88	164.910
Pemukiman	1	8	0	53032	0	303.040
Total	4	142	5375	339729		

Sumber : Puslitbang Pengairan DPU Bandung, 1997.

Simulasi Sub DAS Cigulung

Simulasi dilakukan untuk memperoleh nilai optimal penggunaan lahan dalam upaya mengendalikan erosi dan sedimentasi di DAS Cigulung. Untuk itu dilakukan beberapa set skenario seperti terlihat pada Tabel 4. Dengan mengacu pada erosi yang diizinkan di lokasi penelitian sebesar 30 ton/ha/tahun maka luas hutan optimal untuk lokasi penelitian adalah 70% dari luas total area dan akan menurunkan erosi rata-rata tahunan sebesar 58.77% (21.983 ton/ha/thn) pada kejadian hujan 21.95 mm

Tabel 4. Kehilangan rata-rata tanah pada skenario perubahan luas hutan DAS Cigulung.

Skenario	Uraian	Laju erosi tanah rata-rata (ton/ha)	Persen perubahan erosi rata-rata terhadap awal	laju erosi rata-rata tahunan (ton/ha/tahun)
I	Simulasi tata guna lahan pada saat ini (luas hutan 46,6 %)	2.228	0	51.990
II	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 40 %.	2.690	+ 17.90	62.869
III	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 30 %.	2.980	+30.70	69.497
IV	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 20 %.	3.740	+64.00	87.279
V	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 10 %.	3.940	+72.8	92.040
VI	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 0 %.	4.570	+100.40	106.742
VII	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 50 %.	2.140	- 0.06	50.127
VIII	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 60 %.	1.560	-31.50	36.545
IX	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 70 %.	0.940	-58.77	21.983
X	Simulasi tata guna lahan dengan luas hutan 80 %.	0.750	-67.10	17.642

Sumber : Analisa data.

KESIMPULAN

1. Model ANSWERS memberikan keluaran berupa informasi erosi rata-rata, sedimen maksimum, aliran permukaan dan perubahan nilai erosi dan sedimentasi akibat perubahan karakteristik DAS.
2. Pada kondisi saat ini (luas hutan 46.6 %) pada kejadian hujan 21,95 mm, laju erosi rata-rata sebesar 2,228 ton/hektar (setara 51,99 ton/ha/tahun)

3. Luas hutan sebesar 70 % (skenario IX) merupakan jumlah luas hutan yang ideal bagi Sub DAS Cigulung, dimana erosi rata-rata tahunannya sebesar 21.983 ton/ha/th, yang berarti di bawah besar erosi yang masih dibawah batas toleransi (30ton/ha/tahun).

Ucapan terima kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. M. Arif Ilyas, M.Sc. Staf Peneliti Puslitbang Pengairan DPU, Bandung yang telah banyak membantu pengumpulan data dan analisis di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief Ilyas M, 1995. *Penelitian Pendangkalan Waduk Akibat Sedimentasi Dengan Studi Kasus di Waduk Sempor*. Puslitbang Pengairan DPU, Bandung.
- Beasley D.B, Larry, F.H. 1981. *ANSWERS (Area Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)*. Agricultural Engineering Department, Purdue University, Indiana, USA.
- Finkner, S.C., M.A. Nearing, G.R. Foster, dan J.E. Gilley, 1989. *A simplified Equation for Modeling Sediment Transport Capacity*. Trans. ASAE 32 (5) : 1544-1550
- Higgit, D.L., J.S. Rowan. 1996. *Erosion Assessment and Administration in Subtropical China. A Case Study From Fujian Province*. Land Deg. & Dev. Journal. Vol. 7 : 1-10.
- Khanbilvardi R.M., dan A.S. Rogowski, 1984. *Mathematical Model of Erosion and Deposition on a Watershed*. Trans. ASAE, 1984 : 73-79.
- Lewis, L.A. dan V. Nijamulinda, 1996. *The Critical Role of the Human Activities in Land Degradation in Rwanda*. Land Deg. & Dev. Journal. Vol. 7: 47-55.
- Onstad C.A and D.G. Jamieson, 1970. *Modeling the Effect of Land Used Modification on Runoff Water*. Water Res. Res. vol. 6 (5) : 1287 - 1295.
- Park, S.W., S.M. Mosthagini, R.A. Cooke, dan P.W. McClellan, 1994. *BMP Impacts on Watershed Runoff, Sediment, and Nutrient Yield*. Water Res. Bul. 30 (6) : 1011 - 1023.
- Pierson, F.B., W.H. Blackburn; S.S. van Vector dan J.C. Wood, 1994. *Partitioning Small Scale Spatial Variability of Runoff and Erosion on Sagebrush Rangeland*. Water Res. Bul. Vol. 30 (6) : 1081 - 1089.
- Reyes, M.R., R.L. Bengtson, J.L. Fouss, dan C.E. Caster, 1995. *Comparison of Erosion Prediction With Gleams, Gleams-WT. And Gleams-SWAT Models for Alluvial Soils*. Trans. ASAE, vol 38 (3) : 791-796.
- Sudira, Putu, 1989. *Runoff Prediction Model Based on Soil Moisture Analysis*. Disertasi S3, UPLB Filipina.