

PREDIKSI ALIRAN PERMUKAAN, HASIL SEDIMEN DAN KUALITASNYA DENGAN MODEL ANSWERS PADA AREAL WADUK BATUJAI, NTB*)

(Prediction of runoff, sediment yield and their quality using ANSWERS model at Batujai reservoir area, West Nusa Tenggara)

Oleh:

Gatot Irianto, Hidayat Pawitan, Soedarsono, dan H. Soewardjo) ✕**

ABSTRACT

The possibility of ANSWERS model application for predicting runoff and sediment yield is discussed in this paper. Three types of rainfall duration (**e.i. 6; 8 and 10 hours**) with three amount of total rainfall of **100; 200 and 300 mm** and two different systems **consisting** of four kinds of land use were used for simulating runoff and sediment yield. The result showed that the runoff initiation was identified at **189 minutes** from the start of rainfall when the amount of rainfall total was 200 mm with **8 hour** duration (about **0.0001 inch/hour**). The initial sediment yield was shown to be about **0.45 kg** at **188 minutes** from the beginning of rainfall **when** rainfall total **was 300 mm** with **6 hour** duration. Actual runoff and maximum sediment yield were recorded about **0.0017 inch/hour** and **12.000 kg** respectively. The land use which were considered as potential for erosion protection were mixed **garden** and wet rice. The considered land use would reduce runoff and sediment yield about **50%** than traditional land use. The type of output indicates that ANSWERS model is promising for predicting runoff and **sediment** yield.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Untuk **mengatasi** kendala air di Pulau Lombok (**curah** hujan ± 1500 mm/th selama 2-2,5 bulan) **pemerintah** menganjurkan untuk menerapkan sistem **gogo** rancah, membangun embung-embung dan Waduk Batujai. **Pembangunan** Waduk Batujai **selesai** pada tahun 1982 dan **setelah** itu **masalah** air **sudah** teratasi.

*) Sebagian tesis **S₂** Program Studi Agroklimat, Program Pascasarjana Institut Pertanian **Bogor**. Penelitian dibiayai ARMP **Badan Litbang** Pertanian.

) Berturut-turut Staf **Pusat Penelitian **Tanah** dan Agroklimat, **Bogor** dan Komisi Pembimbing di Program Pascasarjana Institut Pertanian **Bogor**.

Tetapi masih perlu dipikirkan pengelolaan sedimen dan aliran permukaannya, **meskipun** daerah aliran-waduk sebagian besar berupa **sawah** dengan teras yang baik, lereng dominan 0-3%.

Tahap pertama adalah mengetahui besarnya hasil sedimen dan aliran **permukaan** yang dapat **dikerjakan** melalui pengukuran langsung atau prediksi. Masing-masing **cara** mempunyai kelebihan dan kekurangan, misalnya **metode** pengukuran langsung perlu biaya besar, tenaga **terampil**, memerlukan waktu lama serta sulit untuk dilakukan pada areal yang luas, **meskipun** hasilnya mendekati kenyataan. Sedangkan **metode** prediksi lebih cepat diketahui hasilnya, tetapi **memerlukan** koreksi yang cermat.

Abdurachman dan Sukmana (1990); Gnagey (1990) menyarankan untuk menggunakan model prediksi, dengan **pertimbangan** karena kebutuhan output yang mendesak, dalam keadaan keterbatasan waktu, tenaga dan dana.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemungkinan memprediksi **hasil sedimen**, aliran permukaan dan kualitasnya dengan model ANSWERS di Waduk **Batujai**, Nusa Tenggara **Barat** (NTB). Model ini dipilih karena dapat **menampilkan** karakteristik individu **elemen** dalam daerah tangkapan (**Beasley dan Huggins**, 1981; Wilcox et al., 1990).

Prediksi sedimen di Indonesia **menurut** Coster dimulai tahun 1910-an dengan **menduga** "sediment yield" DAS Cilutung Jawa **Barat** (dalam Suwardjo, 1981). Pengukuran erosi mulai mendapat perhatian serius dari Lembaga **Penelitian Tanah** kira-kira **sejak** tahun 1970-an dimana serangkaian percobaan sistem petak kecil di Jawa dan luar Jawa mulai dilaksanakan. **Persamaan** yang digunakan adalah USLE (Universal Soil Loss Equation) untuk mengidentifikasi faktor penyebab erosi. **Hasil** yang diperoleh diantaranya adalah mendapatkan nilai C dan P (faktor pengelolaan **tanah** dan **tanaman**) (Abdurachman et al., 1984), teknik pencegahan erosi serta pemulihan lahan kritis (Suwardjo, 1981).

Setelah itu mulai dikembangkan prediksi dan pencegahan erosi pada skala yang lebih luas yaitu daerah tampung mini. Namun kegiatan **ini** kurang **berkembang** karena memerlukan biaya yang lebih besar dan penanganan lebih cermat.

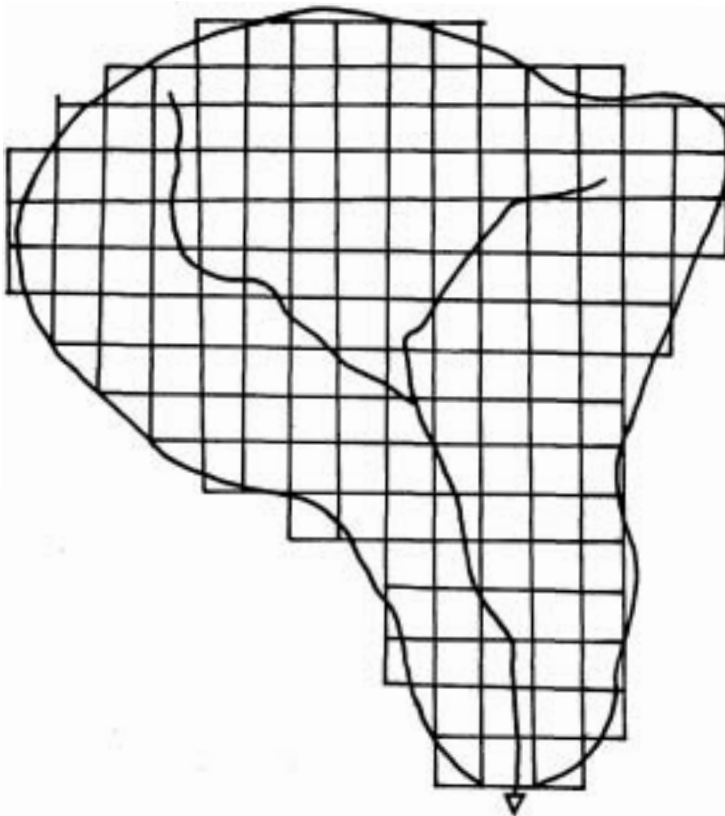
Tantangan baru muncul ketika Departemen Kehutanan menghendaki **prediksi** erosi untuk 22 sub DAS super prioritas. Hasilnya akan digunakan **sebagai** acuan dalam menyusun pola Rehabilitasi Lahan dan **Konservasi Tanah** (RLKT) (Departemen Kehutanan, 1986). Saat itu disepakati untuk menerapkan teknik prediksi dengan peta Tingkat Bahaya Erosi (TBE).

Setelah digunakan lebih luas, peta TBE berdasarkan persamaan USLE (Wishmeier dan Smith, 1978) **banyak** mengalami kendala. Diantaranya adalah bahwa penetapan nilai L, S, C dan P terlalu besar (over estimate), sehingga **rekomendasi** pengelolaan yang **disarankan** selalu dihindarkan. Kendala lainnya **adalah** bahwa USLE tidak dapat menduga aliran permukaan, sehingga proses hidrologi tidak **terakomodasikan** dengan baik dalam **USLE** ini.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di daerah aliran Waduk Batujai dari bulan **Januari-April 1992**, diteruskan dengan **analisis tanah** dan air di laboratorium **Pusat Penelitian Tanah** dan Agroklimat, **Bogor** serta komputasi sampai bulan **September 1992**.

Untuk menduga hasil sedimentasi rata-rata, maksimum, sumbangan **sedimen** tiap **elemen** serta hubungan antara total **curah hujan**, lama hujan **terhadap hasil** sedimen dan aliran permukaan digunakan model ANSWERS (Areal Non-point Source Watershed Environment Resource Simulation). Model ANSWERS menampilkan karakteristik faktor penyebab erosi seperti **tanah**, lereng, **penggunaan lahan**, hujan dan pengelolaannya secara lebih rinci. Satuan **pengamatannya** adalah **elemen** yaitu areal yang dianggap mempunyai parameter **hidrologi** dan erosi sama (Gambar 1). Ukurannya ditetapkan adalah **2 x 2 cm** pada peta rupabumi skala **1 : 25.000**.



Gambar 1. DAS yang Dibagi Menjadi Elemen.

Figure 1. Watershed Divided into Elements.

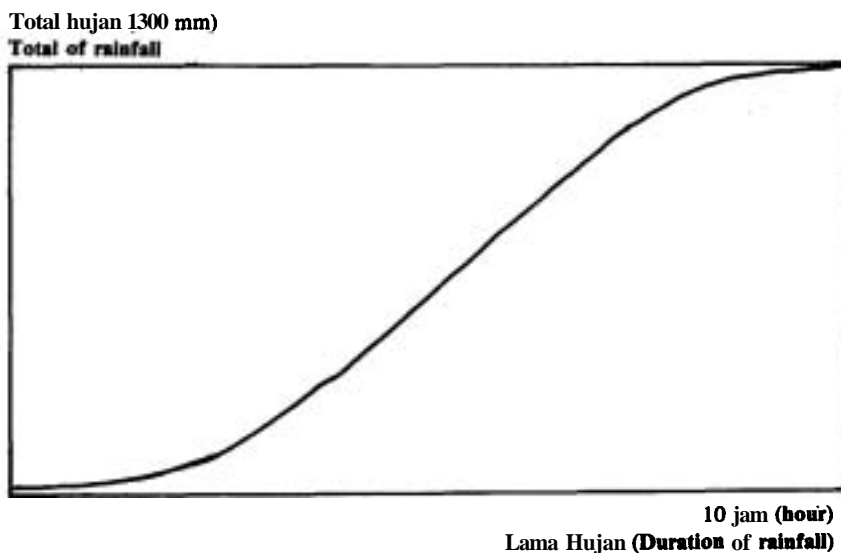
Model ANSWERS menghubungkan antara **elemen** dalam **satu DAS/sub DAS** dan menampilkan dengan baik, termasuk mempertimbangkan adanya saluran yang pada model USLE belum ada. **Aplikasi** model **ini** di Indonesia **baru** pertama kali dilakukan di Waduk Batujai, sehingga hasilnya belum **tersedia**.

Untuk mengoperasikan model ANSWERS diperlukan dua kelompok data yaitu: **(1)** Predata yang meliputi: data hujan (total dan lama hujan), **tanah** (porositas total, kapasitas lapangan, laju infiltrasi pada steady state dan maksimum, **persen** kejenuhan dan erodibilitas **tanah**), **penggunaan** lahan (**jenis** dan **pengelolaannya**, volume intersepsi, **persen** penutupan, koefisien kekasapan, **tinggi** kekasapan, indeks manning's serta faktor pengelolaan tanaman), karakteristik saluran (**lebar** dan koefisien kekasapan); **(2)** **Informasi** individu **elemen** yang mencakup: kemiringan dan arah lereng, jenis **tanah** dan penggunaan lahan, **liputan** penangkar hujan, kemiringan saluran, "Best Management Practices" (**BMP**), second BMP serta ketinggian rata-rata **elemen**.

Untuk menetapkan kualitas air, **maka** diambil contoh air dari Sungai Tiwuampan, **embung** Bubuk, saat pengolahan, saat **tanam**, **embung** Monggas, **embung** Muncan dan waduk Batujai. Sedangkan penilaian kualitasnya diklasifikasikan berdasarkan kriteria **Menon** (1973).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat pengaruh sifat hujan (total dan lama hujan), maka perlu diamati karakteristiknya. Berdasarkan data yang ada, pola hujan di lokasi studi **menurut Hjelmfelt** (1983) **seperti** terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara lama hujan (T) dan total hujan (I)
Figure 2. Relationship between duration (T) and total of rainfall (I)

Sejalan dengan **pola** di **atas**, maka total hujan yang disimulasikan dipilih adalah **100; 200 dan 300 mm**, sedangkan lama hujannya adalah: **6; 8 dan 10 jam**. Pengaruh sifat **tanaman** juga diuji pada dua sistem yang **berbeda** dengan penetapan koefisien didasarkan pada hasil penelitian **Beasley dan Huggins (1981)** seperti pada **Tabel 1**.

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, maka **pembahasan** hasil penelitian akan ditekankan pada:

1. Pengaruh lama dan total hujan terhadap hasil sedimen dan aliran **per-**mukaan pada outlet.
2. Pengaruh lereng, penggunaan lahan, sifat **tanah** terhadap hasil sedimen pada individu **elemen** dengan dua karakteristik **tanaman**.
3. Penilaian kualitas air untuk keperluan irigasi.

Tabel 1. Karakteristik penggunaan lahan yang disimulasikan.
Table 1. Simulated land use characteristics.

Penggunaan lahan	tipe A					tipe B				
	PIT	PER	RC	RH	N	PIT	PER	RC	RH	N
Sawah	.08	50	.31	.6	.025	.112	60	.36	.7	.030
Jagung	.04	20	.30	.8	.010	.08	30	.33	.9	.015
Rumput	.02	30	.28	.3	.	.06	40	.33	.4	.103
K. Campuran	.50	40	.39	2.5	.100	.54	50	.44	2.6	.105

Keterangan: PIT : Volume intersepsi potensial
(Potential Interception Volume)
PER : Persen penutupan
(Percentage of Surface Coverage)
RC : Koefisien kekasapan
(Roughness Coefficient)
N : Koefisien Manning's
(Manning's Coefficient)
RH : Tinggi kekasapan
(Roughness Height)

Pengaruh lama dan total hujan terhadap hasil sedimen dan aliran permukaan pada outlet

Dari serangkaian komputasi yang di lakukan ternyata yang menyebabkan **sedimentasi dan** aliran permukaan terbesar adalah total hujan **300 mm** dan lama hujan **6 jam** seperti pada **Tabel 2**.

Pada total hujan 300 mm **pengaruh** lama hujan terhadap hasil sedimen **mau-**pun aliran permukaan terlihat jelas. Perbedaan **dari** ketiga lama hujan terletak pada **saat** terjadinya **sedimen** dan aliran permukaan **serta nilai** maksimumnya. Adanya peningkatan total hujan menjadi 300 **mm**, akan meningkatkan hasil **se-****dimen** dan aliran permukaan, terutama pada lama hujan 6 jam.

Tabel 2. Pengaruh lama hujan pada total hujan 300 mm terhadap hasil sedimen dan aliran permukaan pada outlet.
Table 2. Effect of duration of rainfall at the rainfall total of 300 mm on runoff and sediment yield at the outlet.

Waktu Time (Minutes)	Lama Hujan (jam)/Duration of rainfall (hour)								
	6			8			10		
	Hujan	Aliran	Hasil	Hujan	Aliran	Hasil	Hujan	Aliran	Hasil
	Permukaan	Permukaan	Sedimen	Permukaan	Permukaan	Sedimen	Permukaan	Permukaan	Sedimen
	in./jam Runoff inch/hour	in./jam Runoff inch/hour	(kg) Sediment yield (kg)	in./jam Runoff inch/hour	in./jam Runoff inch/hour	(kg) Sediment yield (kg)	in./jam Runoff inch/hour	in./jam Runoff inch/hour	(kg) Sediment yield (kg)
0.0	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.0000	0.00
30.0	0.22			0.11			0.11		
60.0	0.14			0.11			0.13		
120.0	0.96			0.13			0.13		
126.0	2.04	0.0000	0.45						
147.0	2.04	0.0001	17.60						
184.0	3.97			2.52		0.45			
200.0		0.0012		2.52	0.0001	15.40			
210.0	3.97		851.20	2.52	0.0001	38.10	0.73		
216.0							2.16	0.0000	0.45
234.0							2.16	0.0001	15.80
238.0	1.42	0.0017**	2233.00						
240.0				1.96	0.0003	249.80	2.16	0.0001	35.80
273.0	0.36	0.0017**	4381.70	2.16	0.0005	664.80	1.08	0.0001	118.30
330.0	0.24	0.0012	7902.20	1.44	0.0012**	2117.60	1.44	0.0006	854.40
360.0	0.12			0.12	0.0011	3446.10	1.44	0.0008**	1431.20
387.0							0.48	0.0008**	2124.60
390.0	0.00	0.0006	10407.00	0.12	0.0008	4649.20			
390.0				0.00	0.0000	7039.20			
592							0.12	0.0000	4565.90
594									
651	0.00	0.0000	11999.10						
658	0.00	0.0000	12000*						
696				0.00	0.0000	7219.70			
711							0.00	0.0000	4809.80
720							0.00	0.0000	4812.1*

Keterangan: * Hasil Sedimen Maksimum (Maximum sediment yield).

** Aliran Permukaan Maksimum (Maximum runoff).

Hasil sedimen dan aliran permukaan mulai terjadi masing-masing pada 126 dan 147 **menit** sesudah terjadi hujan untuk lama hujan 6 jam. Sedangkan pada 8 dan 10 jam hasil sedimen terjadi 184 dan 216 **menit** sesudah terjadi hujan **serta** aliran permukaan pada 200 dan 234 **menit** sesudah terjadi hujan. **Terjadinya puncak** aliran permukaan dan hasil sedimen **pada** ketiga **peristiwa** hujan juga **sangat berbeda** yaitu **berturut-turut** 147, 200 dan 234 **menit** sesudah terjadi hujan. Adapun besarnya masing-masing: 0,0017; 0,0012 dan 0,0008 in./jam. Jika **dihitung nisbah** aliran permukaan terhadap **curah** hujan **sebesar**: 0,001 1; 0,00083 dan 0,00055 besarnya **aliran permukaan** tergolong rendah. Berarti **daya** simpan air DAS masih **baik**.

Pengaruh total hujan 300 mm, lama hujan 6 jam terhadap hasil sedimen tiap individu **elemen** disajikan pada Gambar **Lampiran 1**. Puncak hasil **sedimen**

maksimumnya terjadi pada **menit** ke 658 sejak **mulai** hujan untuk lama hujan 6 jam, 6% untuk 8 jam dan 720 untuk 10 jam. **Besarnya** hasil sedimen **mak-**simum masing-masing yaitu: **12000; 7219,7** dan **4812,1** Kg. Jumlah ini cukup besar karena terjadi pada waktu yang singkat saja yaitu menit-menit terakhir terjadinya run off.

Bagi pelaksana **lapangan** perlu waspada jika hujan telah mencapai **300** mm dengan lama hujan 6 jam atau lebih, **berarti peluang** terjadinya **banjir** lebih besar.

Pengaruh lereng, penggunaan lahan dan jenis tanah terhadap erosi

Pengaruh lereng, penggunaan lahan dan jenis **tanah** terhadap hasil sedimen dapat ditetapkan dengan mengasumsikan dua faktor lainnya sebagai peubah **te-**tap.

Lereng

Untuk membahas pengaruh lereng, maka perlu diamati sebaran **klas** lereng. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa: lereng **0 - 3%** menempati areal **6.010,90** ha (**63,66%**), **3 sampai 8%** seluas **2.889,35** (**30,60%**), **8 - 15%** seluas **464,36** ha (**4,92%**), **15 - 25%** seluas **77,39** ha (**0,82%**).

Untuk melihat lebih jauh pengaruh lereng terhadap hasil sedimen, maka di bawah **ini** disajikan data pengaruh **kemiringan** lahan terhadap hasil sedimen pada individu **elemen** (**Tabel 3**).

Tabel 3. Pengaruh kemiringan lahan tipe vertisol solum dalam yang digunakan untuk sawah pada hasil sedimen.
Table 3. The effect of slope of deep solum vertisol utilized for sawah on the sediment yield.

Nomor Elemen	Lereng	Hasil Sedimen Karakteristik Tanaman	
		A	B
		kg/ha	kg/ha
Number of Element	Slope	Sediment Yield	
		A kg/ha	B kg/ha
307	1,0	0.072	0.025
317	1,0	0.084	0.034
211	4,0	0.132	0.064
222	4,0	0.133	0.065
179	9,0	0.154	0.074
248	9,0	0.158	0.074

Terlihat bahwa dengan terasering hasil sedimen pada lceng **1%, 4% dan 9% sekitar 0.1 Kg/ha/kejadian** hujan. Penurunan **erosi** pada lereng **terjal** yang diteras **sejalan** dengan formula Baver et al. (1976) yaitu $X_C = C \cdot S^{1,4} \cdot L^{1,6}$

(dimana X_C =**tanah** terangkut dalam **ton/acre**; L=panjang lereng dalam ft; S=kemiringan **tanah** dan C merupakan konstanta yang tergantung sifat **tanah** dan hujan), maka penterasan akan menekan erosi sebesar $S^{1.4} \cdot L^{1.4}$.

Tanah

Sebaran jenis **tanah** di lokasi studi menurut peta **tanah** tinjau dan pengecekan **lapangan** adalah sebagai berikut: **Entisol** dangkal seluas 644,94 ha (6,84%), **Inceptisol** solum dalam seluas 541,75 ha (5,74%), **Entisol** solum sedang seluas 541,75 ha (5,74%), **Vertisol** solum dalam seluas 670,74 ha (7,1%), **Vertisol** solum dangkal seluas 3685,11 ha (39,13), **Inceptisolum** dangkal seluas 2063,82 ha (21,80) serta **Vertisol** solum sedang menempati 1289,89 ha (13,66).

Untuk melihat pengaruh jenis **tanah** terhadap hasil sedimen akan diamati beberapa **elemen** dengan lereng dan penggunaan lahan sama seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh jenis tanah dengan kemiringan 2% yang digunakan sebagai sawah pada hasil sedimen.

Table 4. The effect of soil type sloping at 2% and utilized as sawah on the sediment yield.

No Elemen	Jenis Tanah	Hasil Sedimen Karakteristik Tanaman	
		A	B
		kg/ha	kg/ha
		Sediment Yield Crops Characteristic	
Number of Element	Types of soil	A kg/ha	B kg/ha
33	Vertisol, dangkal	0.601	0.590
34	Vertisol, dangkal	0.626	0.618
73	Vertisol, dangkal	0.620	0.612
74	Vertisol, dangkal	0.600	0.589
173	Inceptisol, dangkal	0.202	0.090
290	Inceptisol, dangkal	0.220	0.144

Terlihat bahwa hasil sedimen di bagian hulu untuk **Vertisol** bersolum dangkal berkisar 0.601 kg/ha sedangkan **Inceptisol** berkisar 0.202. Penyebabnya diduga struktur **tanah** **Inceptisol** sudah berkembang sehingga tahan terhadap pukulan butir hujan. Sedangkan **Vertisol** strukturnya masif/pejal sehingga cenderung rendah infiltrasinya. Pola ini ternyata juga berlaku pada dua karakteristik **tanaman** (yang rapat maupun jarang).

Hasil sedimen pada **Vertisol** dan **Inceptisol** hilir sangat kecil disebabkan aliran permukaan dari atas tertampung oleh sawah (elemen diatasnya), sehingga hasil sedimennya lebih rendah.

Penggunaan Lahan

Data jenis dan sebaran penggunaan lahan berdasarkan hasil interpretasi peta rupabumi dan pengecekan **lapangan** adalah sebagai berikut: **sawah** seluas

6552,4 ha (69,40%), jagung seluas 490,16 ha (5,19%), rumput 851,33 ha (9,02%) dan kebun campuran 1547,87 ha (16,39%).

Pengaruh penggunaan lahan terhadap hasil sedimen pada individu elemen disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh jenis penggunaan lahan pada tanah inceptisol dangkal dengan kemiringan lereng 7% pada hasil sedimen.

Tabk 5. The effect of land use types of shallow inceptisol soil sloping at 7% on the sediment yield.

Nomor Elemen Number of Element	Penggunaan Lahan Land use	Had sedimen Karakteristik tanaman Sediment Yield Crops Characteristic	
		A (ton/ha)	B (ton/ha)
		A (ton/ha)	B (ton/ha)
		A (ton/ha)	B (ton/ha)
138	jagung	1,013	1,003
139	jagung	1,026	1,013
269	rumpu	0,658	0,468
166	rumpu	0,777	0,539
208	K. campuran	1,170	0,793
226	K. campuran	1,173	0,795

Tingginya erosi pada lahan yang ditanami jagung dan kebun campuran diduga karena rendahnya penutupan tanah. Akibatnya butiran hujan jatuh langsung kepermukaan tanah, menjadi aliran permukaan dan menyebabkan erosi.

Kualitas Air

Data kualitas air secara terinci disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan penilaian menurut Menon (1973), kualitas air di lokasi studi memenuhi syarat untuk air irigasi. Berarti kondisi DAS masih baik dan ada peluang untuk memanfaatkan air untuk keperluan lain seperti pariwisata.

Tabel 6. Kualitas air di lokasi studi.

Table 6. Water quality at the study area.

Sumber air Source of water	EC EC	pH pH	Kation Cation	Anion Anion	Sedimen Sediment
	mmho/cm		mg/l	mg/l	mg/l
S. Tiwuampan	0,244	6,2	2,40	2,44	55
Air Dam Bubuk	0,320	7,0	3,25	3,23	46
Air saat diolah	1,100	6,6	11,51	11,70	147.630
Air saat tanam	0,500	6,9	5,35	5,24	736
Air Dam Monggas	0,285	6,8	2,94	2,89	67
Air Dam Muncan	0,280	6,9	2,91	2,84	47
Air Waduk Batujai	0,218	6,9	2,27	2,23	105

KESIMPULAN

1. Model ANSWERS dapat diterapkan untuk memprediksi erosi dan **aliran** permukaan, karena dapat menggambarkan kondisi **elemen tiap** satuan waktu.
2. Aliran permukaan dan erosi maksimum terjadi pada total hujan 300 mm dengan lama hujan 6 jam. Informasi **ini** dapat digunakan **dalam** sistem informasi peringatan dini terhadap banjir.
3. Kualitas air yang relatif **tetap dari** hulu ke **hilir** menunjukkan **bahwa** kondisi DAS dalam mengatur tata air masih baik.

S A R A N

1. Perlu tersedia **peta** topografi skala yang **besar (1:5.000 atau 1:10.000)** agar penampilan informasi **lapang** lebih **rinci**.
2. Ukuran **elemen** perlu dicari optimalnya dikaitkan dengan biaya dan tujuan kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., S. Abujamin dan U. Kurnia. 1984. **Pengelolaan tanah dan tanaman** untuk **usaha** konservasi **tanah**. Pemberitaan Penelitian **Tanah** dan Pupuk. No. 3: 7-12 p.
- Abdurachman, A. dan S. Sukmana. 1990. **Prediksi Erosi** dengan **Metode USLE: Beberapa Masalah** dalam Penerapannya di DAS **Bagian** Hulu. Proyek **Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air**. Balitbang. Deptan. p. 1-14.
- Baver, L.D., W.H. Gardner, and W.R. Gardner. 1976. Soil Physics. Fourth edition. **Wiley Eastern Limited**. New Delhi. 498 p.
- Beasley, D.B., and L.F. Huggins. 1981. ANSWERS (Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation). Purdue University. West Lafayette, Indiana. 54 p.
- Departemen Kehutanan. 1986. Petunjuk **Pelaksanaan Penyusunan Rencana Teknik Lapangan** Rehabilitasi Lahan dan **Konservasi Tanah**. Jakarta. 87 p.
- Departemen Pertanian. 1990. Kajian **Penyempurnaan Informasi** Sumberdaya Alam di Tingkat BPP. Publikasi Kanwil Deptan NTB. **Mataram**. 120 p.
- Gnagay, R. 1990. Inderosi; Pemantauan **Keberhasilan melalui** Indikator Erosi. Proyek **Penelitian** Penyelamatan **Hutan Tanah** dan Air. Balitbang. Deptan. p. 55-70.
- Hjelmfelt, A.T. 1983. Time distribution of clock hour rainfall. in CREAMS. Afield Scale Model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. **Vol III**. p. 379-385.
- Menon, R.E. 1973. Soil and Water Analysis. A Laboratory Manual for the Analysis Soil and Water. Prepared for the Soil Laboratory of the **FAO/UNDP**. 47 p.
- Suwardjo, 1981. **Peranan Sisa-sisa Tanaman dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Tanaman Semusim**. Disertasi. **Fakultas Pascasarjana IPB**. 240 p.
- Wilcox, B.P., W.J. Rawls, D. L. Brakensiek and J. R. Wright. 1990. Predicting Runoff from Rangeland Catchment: A Comparison of Two Models. **Wat. Res. Research**. Vol. 22 No. 10. p. 2592-2599.
- Wischmeier, W. H., and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. **USDA Handbook** No. 537. 462 p.