

APLIKASI MODEL AVSWAT 2000 UNTUK MEMPREDIKSI EROSI, SEDIMENTASI DAN LIMPASAN DI DAS SAMPEAN

Runi Asmaranto^a, Ery Suhartanto^a, Mike Yuanita^b

^aDosen Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

^bMahasiswa Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mail : runi_asmaranto@ub.ac.id, erysuhartanto@yahoo.com

ABSTRAK

DAS Sampean merupakan salah satu DAS yang memiliki kondisi kritis, dengan musim penghujan pada Bulan Desember - Maret. Salah satu faktor yang menyebabkan kondisi DAS Sampean menjadi kritis adalah karena penggundulan hutan oleh masyarakat. Akibat kondisi DAS yang kritis tersebut, maka tingkat kekeringan dan banjir akan terus semakin bertambah apabila kondisi DAS tersebut tidak segera ditangani. Software AVSWAT 2000 adalah program yang berbasis SIG yang bekerja sebagai tambahan (Graphical User Interface) dalam software Arc View. Program AVSWAT 2000 dirancang khusus dan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah- masalah yang ada dalam suatu DAS. Salah satu kemampuannya adalah untuk memprediksi erosi, sedimentasi dan limpasan yang ada pada DAS Sampean. Besarnya debit limpasan rata-rata pada DAS Sampean mulai tahun 1996 sampai dengan tahun 2005 sebesar 358,67 m³/dt, laju erosi rata –rata sebesar 303,98 ton/ha/th atau sekitar 25,33 mm/th dan sedimen sebesar 416960,9 ton/th. Berdasarkan Indeks Bahaya Erosi, DAS Sampean memiliki Indeks Rendah sebesar 9,64% (11997,47 ha), Indeks Sedang sebesar 39,38% (48863,70 ha), Indeks Tinggi sebesar 3,16% (3929,83 ha), dan Indeks Sangat Tinggi sebesar 47,92% (59609,87 ha).

Kata Kunci : DAS Sampean, Erosi, Sedimentasi dan Limpasan

ABSTRACT

Sampean watershed is one of the watershed which has a critical condition, with the rainy season in the Month of December to March. One of the factors that cause the condition became critical is deforestation by the community. The effect of a critical watershed conditions, drought and floods will increase if the watershed condition is unheld. Software AVSWAT 2000 is a GIS-based program that works as an extension (Graphical User Interface) in the Arc View software. AVSWAT Program 2000 is specifically designed and can be used to solve the problems that exist within a watershed. One of ability is a predict erosion, sedimentation and runoff that existed at the Sampean watershed. The amount of the average runoff in the Sampean watershed beginning in 1996 until the year 2005 amounted to 358.67 m³/sec, the average erosion rate amounted to 303.98 tonnes / ha / yr, or approximately 25.33 mm / yr and sediment for 416 960 , 9 tons / yr. Based Erosion Hazard Index, Sampean watershed has Low index of 9.64% (11997.47 ha), Medium Index of 39.38% (48863.70 ha), High index of 3.16% (3929.83 ha), Index and Very High at 47.92% (59609.87 ha).

Keywords : Sampean Watershed,, Erosion, Sedimentation and Run off

1. PENDAHULUAN

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas komponen-komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Sistem tersebut mempunyai sifat tertentu, tergantung pada jumlah dan jenis komponen yang menyusunya. Besar kecilnya ukuran ekosistem tergantung pada pandangan dan batas yang diberikan pada ekosistem tersebut. Daerah Aliran Sungai dapatlah dianggap sebagai suatu ekosistem (Chay Asdak, 2004:10).

Aspek paling menonjol dalam kaitannya dengan pengelolaan DAS, terutama hutan, di daerah hulu serta pengaruh yang ditimbulkannya di daerah hilir adalah banjir, pemasokan air (minum, irigasi, industri), dan transport sedimen. Dalam perkembangan selanjutnya isu keberadaan hutan telah dikaitkan dengan masalah yang berdimensi lebih luas dan spektakuler seperti hutan mencegah banjir, hutan mencegah kekeringan, hutan menambah curah hujan, dan hutan mengalirkan sumber-sumber air yang sebelumnya tidak ada (Chay Asdak, 2004:469).

DAS Sampean merupakan salah satu DAS yang memiliki kondisi kritis, dengan musim penghujan pada Bulan Desember - Maret. Salah satu faktor yang menyebabkan kondisi DAS Sampean menjadi kritis adalah karena penggundulan hutan oleh masyarakat. Dengan kondisi DAS yang kritis tersebut, maka tingkat kekeringan dan banjir akan terus semakin bertambah apabila kondisi DAS tersebut tidak segera ditangani

Kerusakan hutan dapat mengakibatkan banjir bandang seperti yang terjadi pada tanggal 4 Februari 2002, banjir bandang menerjang Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Enam tahun kemudian, 18 Januari dan 8 Februari 2008, bencana serupa kembali datang. Ratusan rumah, bangunan lain, serta berbagai infrastruktur di Situbondo dan Bondowoso rusak. Selain itu, hulu Sungai Sampean berada sekitar 800 meter di atas permukaan air laut (mdpl), sedangkan

muaranya di 3 mdpl. Dengan panjang sungai 72 kilometer, perbedaan tinggi itu menjadikan gradien sungai cukup miring. Dalam kondisi normal pun aliran sungai tergolong deras. DAS Sampean seluas 1.347 kilometer persegi mencakup wilayah Kabupaten Bondowoso dan Situbondo. (www.prakarsa-rakyat.org)

Berdasarkan uraian diatas, diperlukan suatu perencanaan pengelolaan dan teknik konservasi yang terpadu sehingga penggunaan kebutuhan sekarang terpenuhi dan menyimpan untuk penggunaan di masa yang akan datang. Hal ini dapat terjadi jika segera dilakukan pengelolaan yang tepat yaitu pengelolaan yang mempertimbangkan aspek konservasi dan hidrologi.

Penelitian ini akan mengkaji besarnya erosi, sedimentasi dan limpasan di DAS Sampean. Hasil prediksi di peroleh dengan menggunakan model AVSWAT (*Arc View Soil And Water Assessment Tool*) 2000 yang telah banyak diaplikasikan pada beberapa DAS di Indonesia. Penggunaan model AVSWAT 2000 penting dilakukan mengingat terbatasnya ketersediaan data sedimen, erosi dan limpasan di DAS Sampean, sehingga hasil analisisnya akan dapat bermanfaat dalam pengelolaan DAS Sampean.

2. TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengetahui koefisien korelasi hasil pemodelan AVSWAT 2000 dengan Data Lapangan.
2. Untuk menduga besarnya erosi, sedimen dan limpasan di DAS Sampean.
3. Mengetahui penyebaran erosi dan sedimentasi di DAS Sampean pada perubahan tata guna lahan.

Sedangkan manfaat yang diharapkan dari hasil studi ini adalah memperkenalkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan perangkat lunak (*software*) AVSWAT 2000 untuk menyelesaikan masalah pengelolaan sumber daya air khususnya masalah erosi di DAS dan di dalam sungai.

3. LINGKUP PERMASALAHAN

Sungai Sampean adalah salah satu sungai yang berada di daerah kabupaten Bondowoso, dengan outlet pada DAS Sampean Lama yang memiliki luas wilayah 1,244 km² yang secara geografis berada pada koordinat antara 113°48'10" - 113°48'26" BT dan 7°50'10" - 7°56'41"LS.. Kabupaten Bondowoso memiliki suhu udara yang cukup sejuk berkisar 15,40 °C - 25,10 °C, Batas -batas sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kabupaten Situbondo
- Sebelah Selatan : Kabupaten Jember
- Sebelah Timur : Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi
- Sebelah Barat : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo

4. METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan studi ini diperlukan data- data yang mendukung baik itu data primer maupun data sekunder. Yang di maksud data sekunder adalah data yang bersumber dari instansi – instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran, sedangkan data primer diperoleh berdasarkan pengukuran langsung di lapangan. Secara umum data yang diperlukan dalam studi ini adalah :

- a. Data curah hujan harian tahun 1995 s.d. 2008 dari Balai PSAWS Sampean Baru Madura
- b. Data klimatologi
- c. Peta tata guna lahan area DAS Sampean dari Balai PSAWS Sampean Baru Madura
- d. Peta batas DAS dan jaringan sungai
- e. Peta jenis tanah untuk area DAS Sampean dari Balai PSAWS Sampean Baru Madura
- f. Peta rupa bumi digital Indonesia skala 1 : 25.000 yang mencakup seluruh areal DAS Sampean yang bersumber dari BAKOSURTANAL.

Semua data yang berupa data *spasial* (peta) akan didigit untuk mendapatkan peta digital dalam format CAD dengan skala dan koordinat yang sama. Selanjutnya diexport, sebagai data vektor untuk program *ArcView GIS 3.3*.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Tahapan Pengolahan Data

5.1.1. Penentuan Batas DAS dan Pembuatan DEM AVSWAT 2000

Penentuan batas DAS pada studi ini menggunakan bantuan software *ArcView GIS 3.3*. Dalam menentukan batas DAS pada *ArcView GIS 3.3* dibutuhkan beberapa *extension* sebagai alat bantu antara lain *GeoProcessing Wizard, Spatial Analyst, Hydrologic Modelling, 3D Analyst, Xtools dan AVSWAT 2000*.

5.1.2. Pengolahan Data Hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di daerah bondowoso- situbondo yang direkam oleh PSAWS Sampean Baru Madura. Banyaknya stasiun hujan yang digunakan berjumlah 5 stasiun hujan. Dengan jangka waktu 14 tahun yakni antara 1995-2008.

Kelima Stasiun Hujan itu adalah:

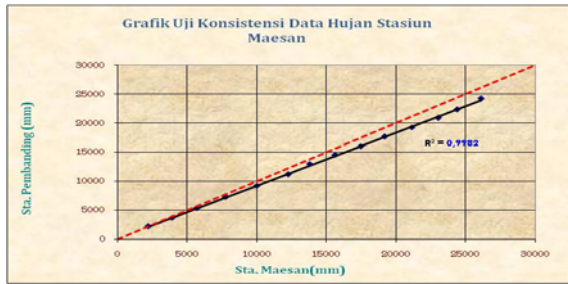
1. Maesan ± 350
2. Pinang Piat ± 465
3. Solelembu ± 325
4. Talep ± 92
5. Wonosari II ± 260

5.2.Uji Konsistensi

Data-data hujan harian tiap-tiap stasiun selama 14 tahun terlebih dahulu diuji kekonsistenan datanya dengan teknik lengkung massa ganda seperti yang dijelaskan dalam bab kajian pustaka. Uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari stasiun yang diamati dengan stasiun sekitarnya.

Tabel 1. Uji konsistensi data stasiun hujan Maesan

Tahun	Sta. Maesan	Sta. Wonosari II	Sta. Solelembu	Sta. Pinang Piat	Sta. Talep	Sta. Kibang	Kumulatif Sta. Maesan	Rata-rata Sta. Pembanding	Kumulatif Sta. Pembanding
1995	2168	2204	2182	2380	1599	2371	2168	2187	2147
1996	1744	1417	1769	1422	991	1792	3912	1466	3613
1997	1784	1271	1803	1685	1281	2371	5696	1682	5296
1998	2073	1650	2082	2162	1310	2668	7769	1974	7270
1999	2229	1932	1463	2180	1850	2362	9998	1957	9227
2000	2224	1715	2186	1985	1593	2051	12222	1906	11133
2001	1544	2447	1557	2584	1073	1438	13766	1820	12953
2002	1861	1531	1835	1906	1450	1332	15627	1611	14564
2003	1813.1	1468	1813.1	1203	1256	1432	17440	1434	15998
2004	1696	1531	1667	1781	1551	1520	19136	1610	17608
2005	1883	1714	1836	1507	1432	1556	21119	1609	19217
2006	1889	1341	1745	2035	1407	1489	23008	1603	20821
2007	1356	1481	1829	1750	934	1266	24364	1452	22273
2008	1697	1874	1906	2190	1742	1764	26061	1895	24168



Gambar 1. Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Maesan

5.2.1. Pengolahan Data Hujan Untuk Input Data AVSWAT 2000

Input data hujan dalam AVSWAT 2000 digunakan untuk memperoleh nilai-nilai statistik presipitasi, standart deviasi dan kepercengangan, probabilitas, dan curah hujan maksimum.

Untuk maksud diatas, terlebih dahulu data hujan dike-lompokkan dalam susunan bula-nan selama jangka waktu 14 ta-hun seperti dijelaskan pada gambar berikut ini :

Data Curah Hujan Harian Das Sampean:

Koordinat: XPR = 806587.57254

YPR=9111885.88008

Nama stasiun : Maesan

Elevasi : 350

Tahun : 1995

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	
1	31	33	16	8	→
2	17	4	22	18	→
3	16	80	36	0	→
4	8	9	0	0	→
	↓	↓	↓	↓	

5.2.2. Tata Guna Lahan dan Jenis Tanah

Kondisi sebaran tata guna lahan dan jenis tanah di wilayah DAS Sampean disajikan dalam tabel dan gambar berikut ini :

Tabel 2. Sebaran tataguna lahan Das Sampean

No	Tata Guna Lahan	Luas		
		Ha	Km ²	% Luas
1	Padang Rumput	493.771	4.937	0.40
2	Semak	17,046.664	170.466	13.70
3	Hutan	16,214.793	162.148	13.03
4	Sawah Tadah Hujan	10,368.050	103.681	8.33
5	Tanah Ladang	27,753.353	277.534	22.31
6	Kebun	8,638.280	86.383	6.94
7	Pemukiman	9,740.175	97.402	7.83
8	Sawah Irigasi	34,145.789	341.458	27.45
	Total	124,400.88	1,244.01	100

Sumber : Analisa spasial AVSWAT 2000

Tabel 3 Sebaran jenis tanah Das Sampean

No	Jenis Tanah	Luas		
		Ha	Km ²	% Luas
1	Asosiasi Andosol Cokelat	34,679.738	346.797	27.88
2	Grumosol Hitam	10,608.348	106.083	8.53
3	Regosol Cokelat	21,969.241	219.692	17.66
4	Mediteran Cokelat kemerahan	56,211.878	562.119	45.19
5	Litosol	148.983	1.490	0.12
6	Latosol Cokelat Kemerahan	476.125	4.761	0.38
7	Alluvial Cokelat Kekelabuan	306.563	3.066	0.25
	Total	124,400.88	1,244.01	100

Sumber : Analisa spasial AVSWAT 2000

5.2.3. Penentuan Klasifikasi Tanah dan Curve Number (CN)

Nilai *Curve Number* (CN) atau bilangan kurva air limpasan ditentukan berdasarkan dua parameter fisik dari sub DAS, yaitu kondisi jenis tanah dan jenis penutup lahan. Dari kondisi jenis tanah akan didapatkan klasifikasi kelompok tanah menurut SCS (*Hydrology Soil Group*)

Tabel 4. Nilai CN II C untuk masing-masing penutup lahan

No	Tata Guna Lahan	Nilai CN2			
		A	B	C	D
1	Padang Rumput	39	61	74	80
2	Semak	35	56	70	77
3	Hutan	36	60	73	79
4	Sawah Tadah Hujan	58	69	77	80
5	Tanah Ladang	59	74	82	86
6	Kebun	43	65	76	82
7	Pemukiman	49	69	79	84
8	Sawah Irigasi	58	69	77	80

Sumber :

(1) Peta tataguna lahan DAS Sampean dari PASWS Sampean Baru

(2) Nilai *SCS Curve Number* kondisi kelembaban awal II, dari tabel *crop* dan tabel *urban* AVSWAT 2000, tabel 2.1, 2.2, 2.3.

5.3. Pembahasan hasil pemodelan AVSWAT 2000

Dalam perhitungan prediksi ini yang ingin di dapatkan adalah nilai keluaran berupa limpasan, erosi, dan sedimen pada setiap titik outlet. Dimana faktor – faktor yang mempe-ngaruhi nilai tersebut dalam perhitungan kali ini berdasarkan input adalah jenis tanah, tata guna lahan, curah hujan dan debit.

Perkiraan hasil sedimen di DAS Sampean dengan model *SWAT* diper-hitungkan dari erosi yang terjadi di unit

lahan *HRU*, kemu-dian erosi yang terjadi di setiap unit lahan *HRU* tersebut akan di bawa oleh limpasan permukaan sampai ke anak sungai utama sebagai erosi masing-masing sub DAS, di-mana sebagian akan terdeposisi di cekungan – cekungan permukaan lahan, besarnya sedimen yang berasal dari erosi tersebut kemudian mengalami proses transportasi sedimen melalui anak sungai (*tributary channel*) sebelum akhirnya sampai ke sungai utama (*main chan-nel*). Dalam proses transportasi sedimen di anak sungai dan sungai utama tersebut besarnya desposisi dan degradasi sedimen di sungai akan diperhitungkan, kemudian total hasil sedimen di DAS Sampean dihitung pada titik pengamatan di *outlet* sungai Sampean.

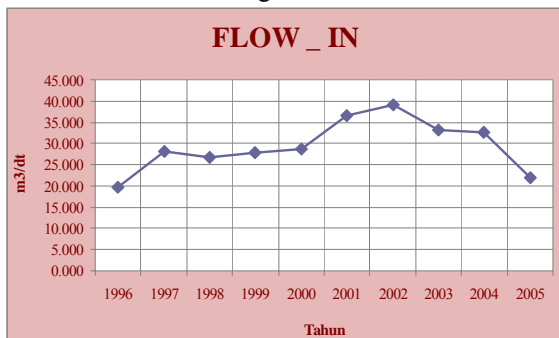
Simulasi hasil pemodelan *Avswat* 2000 yang dilakukan adalah menggunakan tata guna lahan eksisting yang menghasilkan:

1. Fase di Lahan
 - a. Limpasan
 - b. Erosi
2. Fase di Sungai
 - a. Debit Banjir
 - b. Sedimen

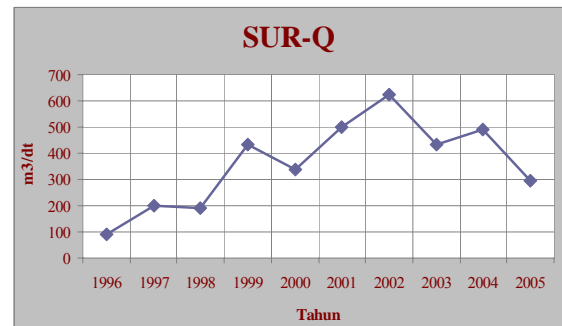
Tabel 4. Analisa hasil simulasi tahunan

Tahun	Luas DAS ha	Debit m ³ /dt	Limpasan mm/th	Erosi ton/ha/th	Sedimen ton/th
1996	124400.88	19.79	89.42	67.28	110129.26
1997	124400.88	28.10	198.41	309.70	273371.72
1998	124400.88	26.70	189.68	154.33	174046.58
1999	124400.88	27.82	431.30	324.18	447163.52
2000	124400.88	28.79	340.38	265.07	385244.67
2001	124400.88	36.61	499.09	428.05	590946.71
2002	124400.88	38.97	624.19	654.29	795831.73
2003	124400.88	33.23	431.94	395.30	576698.21
2004	124400.88	32.51	489.06	295.53	548593.26
2005	124400.88	21.93	293.19	146.10	264883.47
Rata -Rata		29.45	358.67	303.98	416690.91

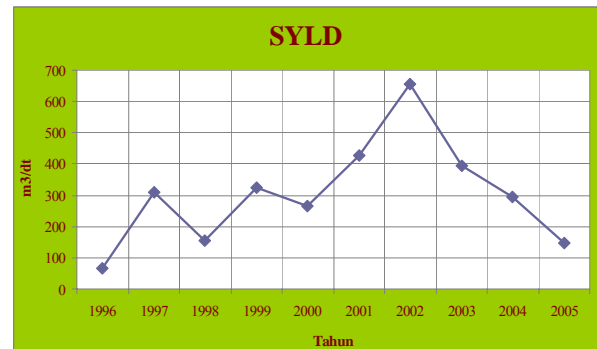
Sumber : Hasil Perhitungan



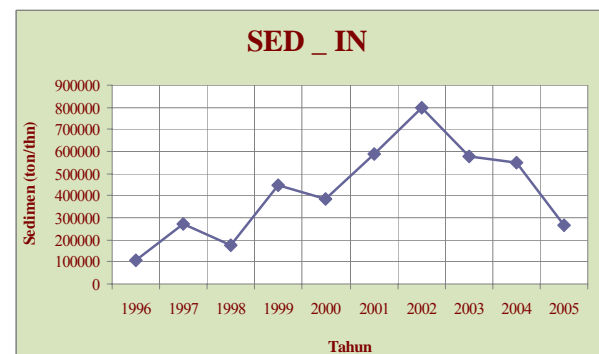
Gambar 2. Grafik Debit yang terjadi tiap tahun



Gambar 3. Grafik Limpasan yang terjadi tiap tahun



Gambar 4. Grafik Erosi yang terjadi tiap tahun



Gambar 5. Grafik Sedimen yang dihasilkan tiap tahun

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai limpasan, erosi dan sedimen pada tiap tahun berbeda karena nilai faktor – faktor yang berpengaruh juga berbeda tiap tahunnya. Dan hubungan antara limpasan, erosi dan sedimen adalah sejajar dimana bila erosi dan limpasan naik maka nilai sedimen yang terbawa juga bertambah.

5.4. Analisa Indeks Bahaya Erosi

Analisa Indeks bahaya erosi (IBE) dilakukan untuk mengetahui kelas bahaya erosi suatu lahan dengan mempertimbangkan laju erosi yang terjadi. Penentuan Indeks bahaya erosi pada studi ini

menggunakan metode Hammer (1981) sedangkan untuk penentuan nilai T berdasarkan arsyad (1989).

Tabel 5. Tabel Rekapitulasi Nilai T

No	Jenis Tanah	Nilai T
1	Aluvial coklat kekelabuan	12 ton/ha/thn
2	Asosiasi Andosol coklat	14 ton/ha/thn
3	Grumusol hitam	8 ton/ha/thn
4	Latosol coklat kemerahan	20 ton/ha/thn
5	Litosol	4 ton/ha/thn
6	Mediteran coklat kemerahan	20 ton/ha/thn
7	Regosol coklat	25 ton/ha/thn

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh analisa TBE suatu sub DAS :

Sub DAS : 1

Jenis tanah : Asosiasi Andosol Coklat

Laju erosi : 3.17 ton/ha/tahun

T : 14 ton/ha/tahun

Indeks Bahaya Erosi =

$$\frac{\text{Erosi potensial (ton/ha/tahun)}}{T \text{ (ton/ha/tahun)}} = \frac{3.17}{14} = 0.22$$

Tingkat bahaya erosi: rendah

Tabel 6. Indeks bahaya erosi hasil analisis Sub catchment area

No	IBE	Harkat	Luas (ha)	Prosentase (%)
1	≤1	Rendah	11997.47	9.64
2	1.01 - 4.0	Sedang	48863.70	39.28
3	4.01 - 10.00	Tinggi	3929.83	3.16
4	≥10.01	Sangat tinggi	59609.87	47.92
Jumlah			124400.87	100

Sumber : perhitungan

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Dari perhitungan dan grafik hasil simulasi model debit AVSWAT 2000 dengan debit terukur di lapangan selama 10 tahun dapat di analisa bahwa nilai koefisien korelasi mempunyai hubungan langsung positif baik yaitu $0,6 < R < 1$, dengan nilai R minimum sebesar 0,72, R maksimum sebesar 0,97 dan R rata rata sebesar 0,88.
2. Dari perhitungan didapatkan:

a. Nilai Laju Erosi rata –rata sebesar: 303,98 ton/ha/th (25,33 mm/th)

b. Nilai rata – rata Sedimen pada sungai sebesar 416960,90 ton/th

c. Nilai Laju Limpasan rata –rata sebesar: 358,67 mm/thn

3. Berdasarkan Indeks Bahaya Erosi, DAS Sampean memiliki 9,64 % (11997.47 ha) da-erah yang masih rendah terhadap erosi, 39,26 % (48863.70 ha) daerah yang memiliki tingkat sedang untuk erosi, 3,16 % (3929.83 ha) me-miliki tingkat bahaya erosi yang tinggi, dan 47,92 % (59609.87 ha) memiliki erosi sangat tinggi. Hal ini berarti bahwa DAS Sampean perlu penanganan khusus untuk masalah erosi.

6.2. Saran

Adapun saran yang diberikan setelah adanya analisa mengenai erosi, antara lain:

1. Studi analisa ini masih memiliki kekurangan dikarenakan data serta kelengkapan data penunjang keakuratan dengan lapangan masih terbatas. Karena studi yang dibangun secara *spasial* dengan SIG ini dapat memudahkan instansi untuk mengetahui daerah –daerah kritis yang perlu diwaspadai atau dilakukan rehabilitasi secara maksimal, maka disarankan agar instansi yang terkait menyempurnakan kelengkapan inventarisasi data seperti pemasangan AWLR dan pengambilan contoh sedimen dimana hal itu akan mendukung dilakukannya studi dengan hasil yang lebih mendekati kenyataan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. Bogor.
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta. Gadjad Mada University Press.
- Chow, V.T, (1964), *Handbook of Applied Hydrology*, Prentice Hall Inc. USA

- Hardjowigeno, Sarwono. 1995,. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta
- Harto, Sri. 1993. *Analisa Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- M. Di Luzio, R. Srinivasan, J. G. Arnold, S. L. Neitsch. 2002. *Arc View Interface for SWAT 2000 : User's Guide*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. USDA Agricultural Research Service. Temple, Texas. Blackland Research and Extension Center. Texas Agricultural Experiment Station. Temple, Texas. Published 2002 by Texas Water Resources Institute, Collage Station, Texas.
<ftp.brc.tamus.edu/pub/swat>.<http://www.brc.tamus.edu/swat/>
- M. Di Luzio, R. Srinivasan, J.G. Arnold, S.L. Neitsch. 2002. *Soil And Water Assessment Tool Theoretical Documentation 2000*. Blackland Research & Extension Center. Texas Agricultural Experiment Station.
- Prahasta Eddy, 2002. *Sistem Informasi Geografis: Tutorial ArcView*. Bandung : CV. Informatika.
- Prahasta Eddy, 2005. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : CV. Informatika.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Jakarta. Erlangga.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid II*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono Suyono, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Subarkah Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suhartanto, Ery. 2008. *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang: CV: Asrori Malang
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta : ANDI.
- Utomo, Wani Hadi. 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP Malang