

STUDI PENGARUH PERUBAHAN TATAGUNA LAHAN DI DAS MAMASA TERHADAP USIA GUNA WADUK PLTA BAKARU

Sulfandi¹, Rispiningtati², Ery Suhartanto²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia;

²Pengajar, Program Studi Magister Sumber Daya Air, Teknik Pengairan
Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia
sulfandi83@gmail.com

ABSTRAK : Di DAS Mamasa terdapat Waduk PLTA Bakaru yang beroperasi sejak Desember 1990. Dari hasil analisa *Interpretasi Citra Satelit* pengurangan luas hutan sebesar 7003.44 ha, padang rumput/tanah kosong 1185.61 ha, kebun 32.95 ha serta penambahan luas lahan semak belukar 5391.20 ha, tanah ladang/tegalan 1378.35 ha, pemukiman 832.92 ha serta sawah 617.77 ha. Dari Analisis AVSWAT 2000, Tingkat Bahaya Erosi tertinggi pada Subbasin 29, 33 dengan luas 981.75 ha. Dari pendekatan efisiensi jerat metode *Brunne* diperoleh sisa usiaguna waduk kurang dari 1 tahun, metode *Churchill* diperoleh kurang dari 3 tahun. Alternatif penanganan dengan bangunan *check dam* mampu mereduksi sedimen per tahunnya sebesar 62.72%, sedangkan *Dredger* 9.37 % per tahunnya. Berdasarkan prosentase reduksi sedimen alternatif Konservasi secara mekanik sebagai skala prioritas penanganan waduk.

Kata Kunci: AVSWAT 2000, Erosi, Usiaguna Waduk, Konservasi

ABSTRACT : *There is Bakaru hydropower reservoirs in Mamasa watershed that operating since December 1990. From the analysis of satellite imagery interpretation reduction in forest area of 7003.44 ha, grassland / emptyland 1185.61 ha, 32.95 ha of gardens and additional shrubs area of 5391.20 ha, farm land / moor 1378.35 ha, residential area 832.92 ha and rice fields 617.77 ha. Analysis of AVSWAT 2000, the highest rate Erosion Hazard subbasin 29, 33 with an area of 981.75 ha. Approach meshes efficiency Brunne method obtained remaining life of reservoirs less than 1 year, Churchill method obtained less than 3 years. Alternative treatment with check dam is able to reduce sediment per year, amounting to 62.72%, while Dredger 9:37% per year. Based on the percentage reduction of sediment mechanically conservation alternative as the priority handling of reservoirs.*

Keywords: AVSWAT 2000, erosion, life time of reservoirs, conservation

Perubahan tataguna lahan pada daerah aliran sungai (DAS) sering terjadi, hal ini akan menimbulkan berbagai permasalahan. Adanya pembukaan lahan untuk perumahan dan kawasan industri pada daerah aliran sungai (DAS) dapat menambah potensi timbulnya erosi di hulu sungai dan sedimantasi serta banjir pada kawasan hilir. Meningkatnya aktivitas manusia serta didukung dengan menurunnya kondisi alam yang ada pada daerah aliran sungai menyebabkan peningkatan laju erosi. Pembukaan lahan atau perubahan jenis tanaman penutup lahan pada daerah aliran sungai (DAS), adanya kemiringan lereng yang curam, curah hujan

yang tinggi, serta kondisi tanah yang kurang baik merupakan faktor-faktor penyebabnya.

Pemanfaatan lahan yang melebihi kemampuan tanah setidaknya akan menimbulkan perubahan-perubahan dalam ekosistem, sehingga terjadi penurunan daya dukung lingkungan. Kecenderungan perubahan pemanfaatan lahan dapat mengakibatkan terjadinya erosi permukaan pada tingkat atau besaran yang bervariasi (Asdak, 2004). Hasil laporan dari Pusat Pengelolaan EKOREGION SUMAPAPU kerusakan lahan merupakan faktor utama penyebab besarnya erosi di daerah aliran sungai (DAS) Mamasa.

Daerah aliran sungai (DAS) Mamasa merupakan daerah aliran sungai multifungsi yakni merupakan sumber air baku bagi masyarakat yang bermukim di sekitarnya, sumber irigasi, dan sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Daerah aliran sungai (DAS) Mamasa berada di dua Provinsi, yaitu Provinsi Sulawesi Barat yang merupakan bagian hulu daerah aliran sungai (DAS) Mamasa dan Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan bagian hilir daerah aliran sungai (DAS) Mamasa.

Ada lima kabupaten yang berada di daerah aliran sungai (DAS) Mamasa, Kabupaten Mamasa dan Kabupaten Polman di Sulawesi Barat dan Kabupaten Pinrang, Kabupaten Enrekang, serta Kabupaten Tator di Sulawesi Selatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perubahan penggunaan lahan di DAS Mamasa pada periode tahun 2000- 2014, Memperoleh besarnya laju erosi yang terjadi di DAS Mamasa dan mengetahui kondisi sebaran tingkat bahaya erosi di DAS Mamasa mengetahui umur waduk yang tersisa berdasarkan inflow sedimen penggunaan lahan serta mengetahui upaya konservasi guna mengendalikan bahaya erosi lahan yang terjadi di DAS Mamasa.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Berikut data yang digunakan:

1. Data iklim harian tahun 2000-2014 yang meliputi penyinaran matahari, temperatur dan kecepatan angin yang diperoleh BBWS Pompengan Jenebe-rang.
2. Data curah hujan harian tahun 2000-2014 stasiun Mamasa, stasiun Minake dan stasiun Sumarorong, yang di-peroleh BWRMP BBWS Pompengan Jeneberang.
3. Data debit harian tahun 2000-2014 yang diperoleh dari PLTA Bakaru.
4. Data Pengukuran sedimen tahun 2000-2014 yang diperoleh dari PLTA Bakaru.
5. Peta citra landset 7 dan 8 Tahun 2000, 2005, 2010, 2014.
6. Peta Jenis Tanah 1:125.000
7. Peta topografi 1: 50.000
8. Peta solum tanah 1:100.000

Metode

Untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan di DAS Mamasa menggunakan bantuan *Software ER Mapper 7.0*. Untuk memprediksi besarnya sedimen rata-rata pertahun yang masuk ke waduk, dengan menggunakan bantuan model simulasi AVSWAT 2000, Rumus yang digunakan dalam menentukan AVSWAT 2000 adalah sebagai berikut (Ery Suhartanto. 2008):

$$\text{sed} = 11.8 (Q_{\text{surf}} \times q_{\text{peak}} \times a_{\text{hr}})^{0.56} \quad (1)$$

$$K \times C \times P \times LS \times \text{CFRG}$$

dengan:

sed	=	sediment yied (ton)
Q_{surf}	=	volume limpasan permukaan (mm/ha)
q_{peak}	=	debit puncak (m^3/det)
a_{hr}	=	luas DAS (ha)
K	=	erodibilitas tanah
C	=	faktor tanaman
P	=	faktor pengelolaan lahan
LS	=	faktor lereng
CFRG	=	faktor kekasaran material tanah

Volume aliran limpasan permukaan dicari dengan menggunakan rumus (Ery Suhartanto. 2008):

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - I_a)^2}{(R_{\text{day}} - I_a + S)} \quad (2)$$

$$I_a = 0,2 S \quad (3)$$

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4)$$

dengan:

I_a	=	Abstraksi awal (initial abstraction)
Q_{surf}	=	Volume Limpasan permukaan (mm)
R_{day}	=	Hujan harian (mm)
S	=	Volume dari total simpanan permukaan (retentionparameter) (mm)
CN	=	Bilangan kurva

Penentuan tingkat bahaya erosi dengan mengkombinasikan (*overlay*) peta laju erosi dengan peta kedalaman solum tanah, kemudian dinilai berdasarkan tabel berikut:

Tabel.1 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Erosi	Kelas Bahaya Erosi (ton/ ha/ tahun)				
Solum Tanah (cm)	I (<u><15</u>)	II (<u>15-60</u>)	III (<u>60-180</u>)	IV (<u>180-480</u>)	V (<u>>480</u>)
A. Dalam (> 90)	SR	R	S	B	SB
B. Sedang (60-90)	R	S	B	SB	SB
C. Dangkal (30-60)	S	B	SB	SB	SB
D. Sangat Dangkal (<30)	B	SB	SB	SB	SB

Sumber : Utomo, WH, 1994

Keterangan :

SR=SangatRingan S = Sedang B = Berat
R = Ringan SB = Sangat Berat

Perhitung usiaguna waduk digunakan rumus empiris menurut *Linsley 1986*, sebagai berikut:

$$T = V / (L.S.E) \quad (5)$$

dimana :

T = Usia guna waduk (tahun)

V = Volume tampungan mati (m^3)

L = Luas DPS (km^2)

S = intensitas erosi = Vs/L

Vs = volume sedimen rata-rata yang masuk ke waduk ($m^3/tahun$) = Ws/γ_d

Ws = Berat sedimen rata-rata yang masuk ke waduk (ton/tahun)

γ_d = berat isi kering endapan sedimen (ton/m^3)

E = efisiensi tangkapan waduk (%)

Untuk menghitung jumlah sedimen yang tertahan atau mengendap di dalam waduk, dihitung dengan mencari besarnya trap efficiency. Efisiensi tampungan didefinisikan sebagai kemampuan waduk untuk menampung sedimen, dan dinyatakan sebagai persentase dari sedimen total yang terendap didalam waduk terhadap sedimen yang masuk waduk.

a. Metode Brunne

$$Y = 100 \left(1 - \frac{1}{1+ax} \right)^n$$

dengan :

Dimana :

Y = Efisiensi Tampungan

x = perbandingan kapasitas waduk dengan debit masukan

a = konstanta,

a = 100, untuk kurva rata-ratanya

a = 65 untuk kurva minimum

a = 130 untuk kurva selubung

n = konstanta

n = 1.5 untuk kurva rata-rata

n = 2.0 untuk kurva minimum

n = 1.0 untuk kurva selubung

b. Metode Churchill

Dengan memakai data *tenese valley authority* presentase sedimen dari waduk. Indeks sedimen didefinisikan sebagai perbandingan dari periode *retention* dengan rata-rata kecepatan melalui :

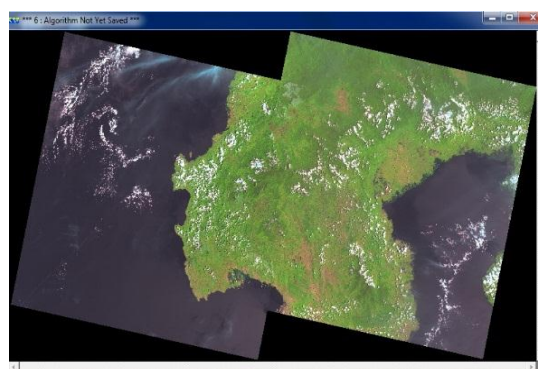
- Kapasitas : kapasitas waduk pada operasi rata-rata untuk periode yang dianalisis .
- *Period retention*: kapasitas dibagi rata-rata inflow, kapasitas dalam (m^3) dan inflow dalam (m^3) per detik.
- Panjang : panjang waduk (m) pada permukaan operasi rata-rata.
- Kecepatan : kecepatan rata-rata (m/dt) yang datang dengan membagi inflow dengan rata-rata luas potongan melintang (m/dt). Rata-rata luas potongan melintang dapat ditentukan dari kapasitas dibagi panjangnya.
- Indeks sedimentasi: periode retention dibagi kecepatan.

Usaha pengendalian erosi yang dilakukan berdasarkan peraturan pemerintah No.47/Permentan/OT.140/10/2006 tentang pedoman umum budidaya pertanian pada lahan pegunungan dan peraturan No.P.4/Menhut-II/2011 tentang pedoman reklamasi hutan.

Tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

Interpretasi Citra Secara Digital

a. Mempersiapkan Peta Landsat-TM 7 dan 8 yang meliputi wilayah DAS Mamasa setelah melakukan koreksi radiometrik citra dan koreksi Geometrik proses seanjutnya Penajaman citra dan pengabungan citra.



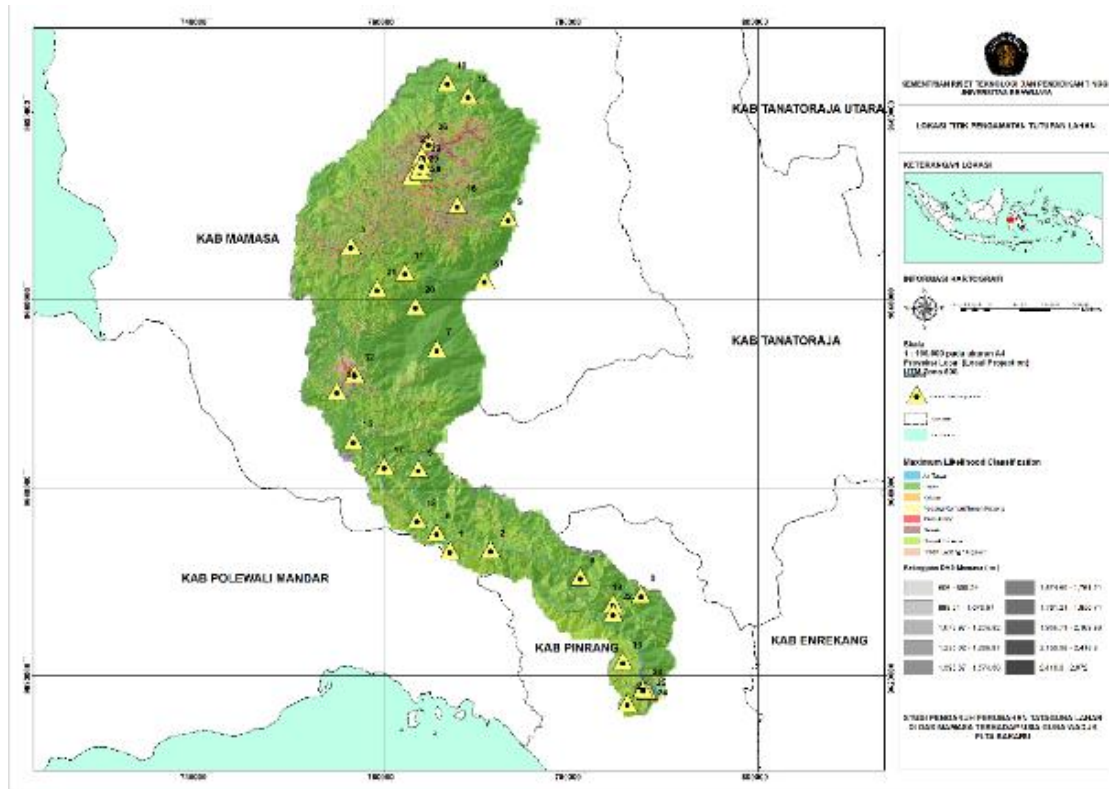
Gambar 1. Tampilan Pengabungan Citra (Mosaic Image)

b. Setelah dilakukan penajaman dan pengabungan citra selanjutnya membuat training area. Pada studi ini unsur klasifikasi

(kunci interpretasi) dari citra landsat dengan kombinasi komposit Landsat 7 (5-4-2) dan Landsat 8 (4-5-6) dibagi menjadi 8 kelas penggunaan lahan dan pembuatan klasifikasi citra dengan metode terbimbing.

c. Hasil terbimbing dibandingkan dengan hasil pengamatan. Tahap ini merupakan

identifikasi dan klasifikasi pixel melalui training area. Selanjutnya hasil klasifikasi terbimbing disesuaikan dengan hasil pengamatan di lapangan. Sebaran titik pengamatan di lapangan dalam studi ini sebanyak 34 titik.



Gambar 2. Tampilan Sebaran titik pengamatan di lokasi studi

Dari hasil perbandingan pengamatan lapangan selanjutnya dihitung tingkat keakuratan dalam interpretasi terbimbing sebesar $\frac{28}{34} \times 100 \% = 82,35 \%$. Klasifikasi sudah disesuaikan dengan hasil pengamatan lapangan.

Analisa Erosi, limpasan dan sedimentasi dengan AVSWAT 2000

a. Mempersiapkan peta topografi digital dengan skala 1:125.000 yang meliputi wilayah DAS Mamasa. Peta topografi perlu dilakukan persiapan untuk memastikan bahwa garis kontur terhubung secara sempurna. Proses selanjutnya membuat DEM dari peta kontur tersebut.

b. Pembuatan batas DAS dilakukan dengan menjalankan perintah automatic delineation

dalam program AVSWAT, dimana membutuhkan data DEM (dalam bentuk grid), peta sungai, dan outlet (dalam penelitian ini digunakan outlet pada Waduk PLTA Bakaru).

c. AVSWAT 2000 membutuhkan informasi mengenai karakteristik suatu DAS antara lain hujan, iklim, penggunaan lahan, dan jenis tanah, data lokasi stasiun hujan dan klimatologi, data temperatur. Informasi tersebut dihimpun dalam basis data masukan yang di-namakan input data.

d. Setelah input data selesai, proses run-ning bisa dilakukan dengan periode waktu mulai Januari 2000 sampai Desember 2014.

e. Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan

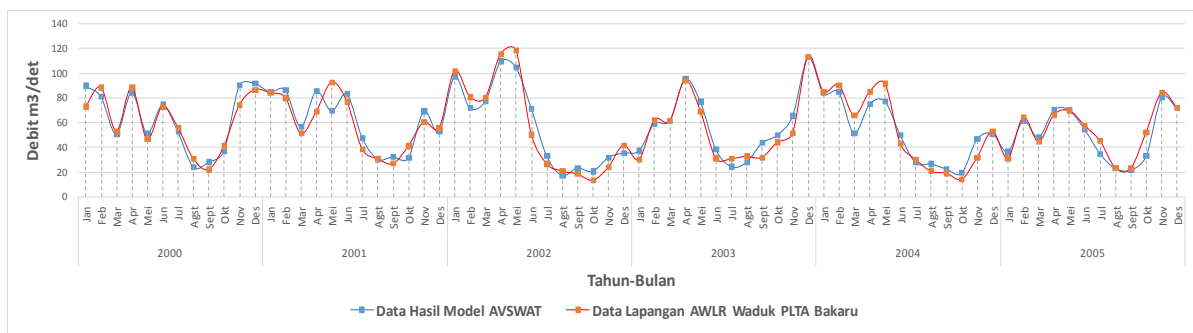
koherensi antara respon hidrologi yang diamati/diukur dengan hasil simulasi. Kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang adaptif di lapangan. Proses kalibrasi

dilakukan dengan membandingkan data debit harian hasil pengukuran AWLR di lapangan dengan data debit inflow model serta kalibrasi sedimen model dengan sedimen

Tabel 2. Parameter kalibrasi AVSWAT 2000

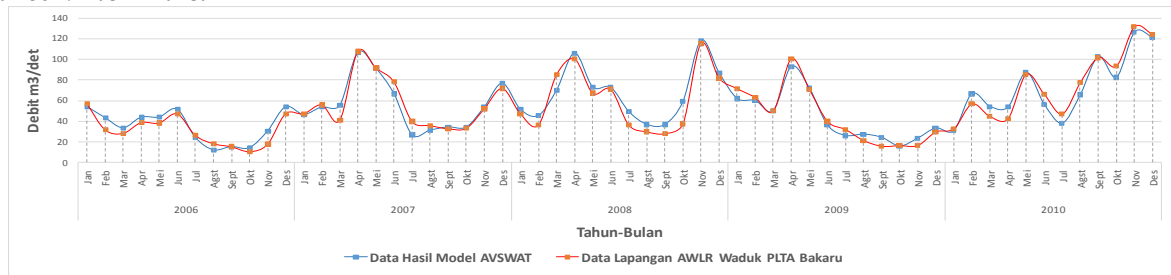
Parameter		Koefisien
HRU	LAT_TIME	10.0000
	ESCO	1.0000
GW	GW_DELY	15.0000
	SHALLST	1.0000
	DEEPST	1.0000
MGT	CN2	Dinaikan 30 % dari Nilai Default
SOL	USLE_K	0,47
RTE	CH_EROD	0.001
	CH_COV	0.001

Sumber : Hasil Analisa



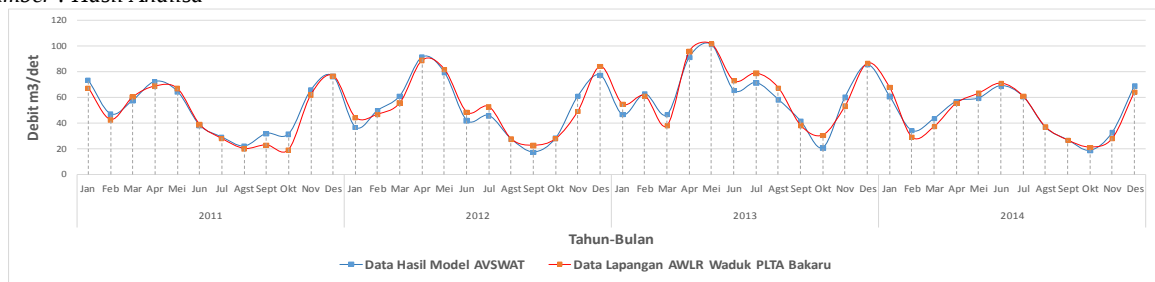
Gambar 3. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) Tahun 2000 – 2005 sesudah kalibrasi (Tataguna Lahan 2014)

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) Tahun 2006- 2010 sesudah kalibrasi (Tataguna Lahan 2014)

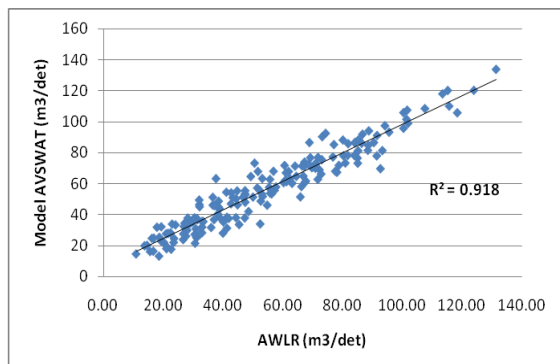
Sumber : Hasil Analisa



Gambar 5. Grafik debit model terhadap data terukur (AWLR) Tahun 2011- 2014 sesudah kalibrasi (Tataguna Lahan 2014)

Sumber : Hasil Analisa

f. Selanjutnya dari hasil uji korelasi data dengan Metode Analisis Regresi di-peroleh nilai koefisien antara $0,6 < R < 1$. Nilai R dari perbandingan debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan memiliki hubungan positif baik.



Gambar 6. Uji Korelasi Analisis Regresi Sesudah Kalibrasi Tahun 2000-2014 (Tataguna Lahan 2014)

g. Selanjutnya menggunakan metode *Mean Absolute Error* (MAE) digunakan untuk mendeskripsikan kesalahan rata-rata dari kesalahan absolut dalam sebuah pemodelan. Semakin kecil nilai MAE, maka semakin baik prediksi yang dihasilkan (Marissa.dkk,2013). Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi setelah kalibrasi cukup baik.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Rata-rata *Mean Absolute Error* (MAE) untuk Debit Model Hasil Kalibrasi.

Tahun	Tataguna lahan			
	2000 MAE	2005 MAE	2010 MAE	2014 MAE
2000	6.02	6.03	6.50	6.47
2001	4.77	5.02	5.16	5.97
2002	8.18	7.99	7.72	7.41
2003	5.82	5.87	5.74	6.32
2004	7.22	7.23	7.14	7.41
2005	4.00	3.93	4.62	4.25
2006	7.22	7.23	7.14	7.41
2007	4.00	3.93	4.62	4.25
2008	5.10	5.31	5.50	6.02
2009	5.05	4.85	4.71	4.64
2010	8.29	8.42	8.32	8.87
2011	4.97	4.93	4.67	4.78
2012	6.59	6.68	7.06	7.34
2013	3.98	3.96	4.00	4.12
2014	3.29	3.21	3.19	3.62
Rata-rata	5.63	5.64	5.74	5.92

Sumber : HasilPerhitungan

h. Selanjutnya menggunakan metode Metode *Koefisien Performance* (Cp) Dari hasil uji korelasi data diperoleh nilai CP dari perbandingan debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan masuk klasifikasi

sempurna, dengan demikian data debit model bisa dijadikan patokan sebagai dasar dalam penentuan besarnya nilai limpasan permukaan, erosi dan sedimen di daerah studi. Rekapitulasi sajian pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Uji CP untuk Debit Model

Thn	Tataguna Lahan							
	2000		2005		2010		2014	
	Cp	Ket	Cp	Ket	Cp	Ket	Cp	Ket
2000	0.080	S	0.085	S	0.109	S	0.117	S
2001	0.089	S	0.088	S	0.082	S	0.106	S
2002	0.082	S	0.080	S	0.075	S	0.076	S
2003	0.073	S	0.076	S	0.073	S	0.083	S
2004	0.142	S	0.143	S	0.137	S	0.150	S
2005	0.112	S	0.110	S	0.125	S	0.111	S
2006	0.160	S	0.172	S	0.176	S	0.202	S
2007	0.097	S	0.087	S	0.082	S	0.075	S
2008	0.162	S	0.160	S	0.150	S	0.174	S
2009	0.070	S	0.067	S	0.060	S	0.058	S
2010	0.055	S	0.056	S	0.064	S	0.061	S
2011	0.067	S	0.069	S	0.068	S	0.078	S
2012	0.059	S	0.060	S	0.058	S	0.072	S
2013	0.056	S	0.052	S	0.053	S	0.047	S
2014	0.036	S	0.036	S	0.033	S	0.045	S
Rerata	0.089	S	0.089	S	0.090	S	0.097	S

Keterangan :

S = Sempurna B = Bagus R= Rata-rata

Sumber : Hasil Perhitungan

i. Output Model AVSWAT 2000, ter-dapat tiga file utama untuk output run-ning simulation AVSWAT, yaitu: Subbasin Output File (*.BSB), Main Channel Output File (*.RCH) dan HRU Output File (*.SBS). Selanjutnya hasil output file AVSWAT 2000 direkap berdasarkan analisa.

Usia Guna Waduk

Perhitungan usia guna waduk dihitung dengan metode empiris menurut Linsley 1986, sedangkan efisiensi tangkapan waduk digunakan metode *Brunne* dan Churchill.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil Interpretasi citra satelit, penggunaan lahan di DAS Mamasa pada periode tahun 2000 sampai dengan periode tahun 2014 di sajian pada Tabel 6 serta Prosentase Perubahan luas Tataguna lahan Das

Mamasa Periode tahun 2000-2014 disajikan pada tabel 7 .

Tabel 6 : Lahan DAS Mamasa Tahun 2000, 2005, 2010 dan Tahun 2014

Jenis Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan							
	Tahun 2000		Tahun 2005		Tahun 2010		Tahun 2014	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Air Tawar	1351.53	1.29%	1366.40	1.31%	1349.23	1.29%	1350.98	1.29%
Hutan	58492.89	56.00%	46689.60	44.70%	38485.77	36.84%	31482.33	30.14%
Kebun	724.23	0.69%	1170.38	1.12%	1447.86	1.39%	1414.92	1.35%
Padang Rumput/Tanah Kosong	1914.24	1.83%	1167.06	1.12%	1942.12	1.86%	756.50	0.72%
Pemukiman	1403.54	1.34%	1907.75	1.83%	1981.02	1.90%	2813.95	2.69%
Sawah	1039.61	1.00%	2562.82	2.45%	3387.87	3.24%	4005.64	3.83%
Semak Belukar	32670.08	31.28%	40060.40	38.35%	44942.40	43.02%	50333.60	48.18%
Tanah Ladang / Tegalan	6863.38	6.57%	9535.10	9.13%	10923.22	10.46%	12301.58	11.78%
Luas Total	104,459.50	100%	104,459.50	100%	104,459.50	100%	104,459.50	100%

Sumber : Hasil Analisa Citra Satelit

Tabel 7. Prosentase Perubahan luas Tataguna lahan Das Mamasa Periode tahun 2000-2014

No	Penggunaan lahan	Periode							
		2000-2005		2005-2010		2010-2014		2000-2014	
		Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)
1	Air Tawar	+14.87	+0.01%	-17.17	-0.02%	+1.75	+0.00%	-0.55	0.00%
2	Hutan	-11803.29	-11.30%	-8203.83	-7.85%	-7003.44	-6.70%	-27010.56	-25.86%
3	Kebun	+446.15	0.43%	+277.49	+0.27%	-32.95	-0.03%	690.68	0.66%
4	Padang Rumput/Tanah Kosong	-747.17	-0.72%	+775.05	+0.74%	-1185.61	-1.13%	-1157.73	-1.11%
5	Pemukiman	+504.21	+0.48%	+73.28	+0.07%	+832.92	+0.80%	+1410.41	+1.35%
6	Sawah	+1523.20	+1.46%	+825.05	+0.79%	+617.77	+0.59%	+2966.03	+2.84%
7	Semak Belukar	+7390.32	+7.07%	+4882.00	+4.67%	+5391.20	+5.16%	+17663.52	+16.91%
8	Tanah Ladang / Tegalan	+2671.72	+2.56%	+1388.13	+1.33%	+1378.35	+1.32%	+5438.20	+5.21%

Sumber : Hasil Analisa Interpretasi Citra Satelit

Keterangan : Tanda negatif (-) menunjukkan pengurangan luas lahan
Tanda positif (+) menunjukkan penambahan luas lahan

Limpasan Permukaan

Dari hasil pemodelan AVSWAT 2000, pada kondisi tataguna lahan tahun 2000 DAS Mamasa memiliki nilai limpasan permukaan lahan maksimum sebesar 115,48 mm/bln, dan rata-rata sebesar 53.28 mm/bln, tahun 2005 nilai maksimum sebesar 122,72 mm/bln, dan

rata-rata sebesar 58,74 mm/bln dan tahun 2010 nilai maksimum sebesar 146,20 mm/bln, dan rata-rata sebesar 65,50 mm/bln sedangkan untuk tataguna lahan tahun 2014 nilai limpasan permukaan lahan maksimum sebesar 148,29 mm/bln, dan rata-rata sebesar 76,50 mm/bln.

Tabel 8. Rekap rata-rata limpasan permukaan lahan tahun 2000-2014

No	Bulan	Rata-rata Limpasan Permukaan Lahan (mm/bln)				Presentase Peningkatan (%)		
		Tataguna Lahan				2000-2005	2005-2010	2010-2014
		2000	2005	2010	2014			
1	Jan	52.09	58.32	66.62	76.76	10.68	12.46	13.21
2	Peb	56.28	61.78	66.92	79.31	8.90	7.69	15.62
3	Mar	52.22	57.50	63.93	75.67	9.19	10.06	15.51
4	Apr	81.09	90.04	106.32	120.33	9.94	15.32	11.64
5	Mei	68.67	75.94	87.04	99.09	9.57	12.75	12.16
6	Jun	49.46	55.30	64.14	73.78	10.55	13.78	13.07
7	Jul	34.96	38.64	43.33	50.93	9.53	10.82	14.92
8	Ags	30.55	33.53	36.92	44.09	8.87	9.19	16.26
9	Sep	35.34	39.00	42.27	50.31	9.37	7.73	15.98
10	Okt	33.09	36.40	39.64	47.26	9.11	8.17	16.12
11	Nop	74.41	81.03	86.62	102.03	8.17	6.46	15.10
12	Des	71.16	77.37	82.23	98.50	8.03	5.91	16.52

Sumber : Hasil Pengolahan data

Erosi

Berdasarkan hasil keluaran model AVSWAT 2000, nilai *sediment yield* atau laju

erosi untuk masing-masing subbasin pada kondisi tataguna lahan 2000-2014. Disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rerata Laju Erosi masing-masing subbasin tahun 2000-2014.

Lahan	Rata-rata Erosi (ton/ha)							
	2000		2005		2010		2014	
	Bulan	Tahun	Bulan	Tahun	Bulan	Tahun	Bulan	Tahun
Rerata	3.01	36.16	3.67	43.98	4.27	51.22	4.86	58.26
Maks.	11.15	133.84	11.45	137.36	12.47	149.66	19.10	229.15
Sumber : Pengolahan Data								

Tabel 10. Rekap Rata-rata laju erosi lahan tahun 2000-2014

No	Bulan	Rata-rata Erosi (ton/ha/bln)				Presentase Peningkatan (%)		
		Tataguna Lahan				2000-2005	2005-2010	2010-2014
		2000	2005	2010	2014			
1	Jan	5.03	6.25	7.91	8.51	19.49	20.99	7.12
2	Peb	4.49	5.65	6.92	7.47	20.55	18.31	7.34
3	Mar	3.33	4.18	4.78	5.46	20.37	12.42	12.50
4	Apr	4.09	4.66	5.48	6.53	12.29	15.04	16.02
5	Mei	3.06	3.58	4.05	4.91	14.61	11.62	17.58
6	Jun	2.51	2.96	3.48	4.17	15.28	14.98	16.54
7	Jul	1.77	2.04	2.35	2.83	13.37	13.15	16.70
8	Ags	1.80	2.02	2.29	2.73	11.11	11.83	16.25
9	Sep	1.84	2.27	2.54	2.95	18.97	10.70	13.82
10	Okt	1.98	2.33	2.60	2.96	15.22	10.11	12.28
11	Nop	3.31	4.24	4.72	5.35	22.06	10.03	11.78
12	Des	2.96	3.79	4.10	4.70	21.79	7.58	12.70

Sumber : Hasil Pengolahan data

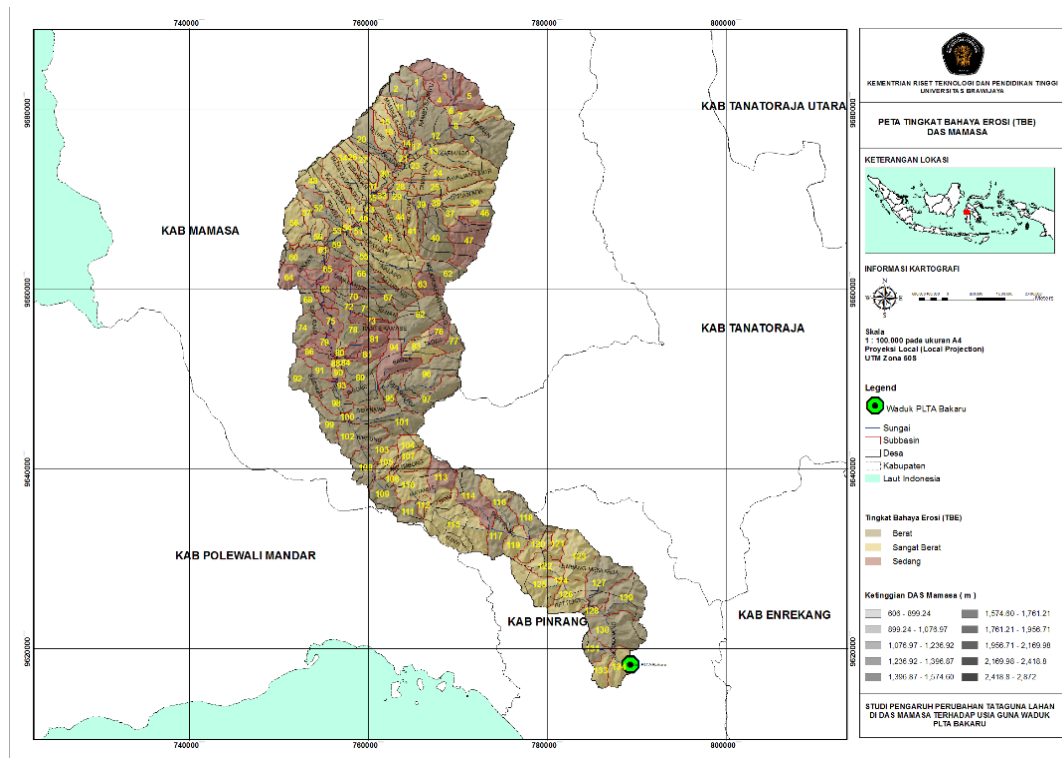
Dari hasil analisa perubahan luas lahan untuk tingkat bahaya erosi (TBE) pada tahun

2000 sampai dengan tahun 2014. Disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Tingkat Bahaya Erosi (TBE).

TBE Ton/ha/tahun	Kategori	Tahun (ha)							
		2000	%	2005	%	2010	%	2014	%
Kelas I (< 15)	Sedang	44,730.06	42.78	17,263.63	16.51	17,076.47	16.33	17,830.96	17.05
Kelas II (15 - 60)	Berat	45,306.89	43.33	77,803.06	74.40	60,303.22	57.67	51,443.08	49.20
Kelas III (60 - 180)	Sangat Berat	14,532.55	13.90	9,502.81	9.09%	27,189.81	26.00	34,313.72	32.81
Kelas IV (180 - 480)	Sangat Berat	-	-	-	-	-	-	981.75	0.94
		104,569.50	100	104,569.50	100	104,569.50	100	104,569.50	100

Sumber : HasilPerhitungan



Gambar 8. Peta tingkat bahaya erosi

Sedimen

Pada kondisi tataguna lahan 2000 sedimen inflow Waduk PLTA Bakaru (subbasin 134).

Rekap rata-rata sedimen inflow Waduk PLTA Bakaru di sajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekap rata-rata sedimen inflow Waduk PLTA Bakaru tahun 2000-2014 (subbasin 134).

Bln	Rata-rata Sedimen (ton/bln) Tata Guna Lahan			
	2000	2005	2010	2014
Jan	292,946.6	380,288.6	463,480.0	514,020.0
Peb	272,290.6	354,673.3	425,493.3	473,480.0
Mar	234,420.0	321,286.6	381,893.3	441,793.3
Apr	299,173.3	388,966.6	469,920.0	535,113.3
Mei	233,100.0	312,266.6	366,113.3	420,180.0
Jun	183,772.0	248,834.0	304,586.6	351,313.3
Jul	133,545.3	168,747.3	205,730.6	241,353.3
Ags	124,833.3	149,808.0	179,220.6	209,090.6
Sep	129,629.3	173,015.3	207,639.3	235,967.3
Okt	150,113.3	183,547.3	221,099.3	246,731.3
Nop	233,464.6	326,431.3	394,553.3	445,426.6
Des	22,820.00	301,546.6	362,060.0	412,100.0
Rata-rata	209,092.4	275,784.3	331,815.8	377,214.1

Sumber : Hasil Analisa AVSWAT 2000

Usia Guna

Dengan menggunakan efisiensi tangkapan sedimen metode *churchill* usia efektif waduk kurang dari 1 tahun, sedangkan untuk efisiensi tangkapan waduk metode *Brunne* diperoleh

usia efektif waduk kurang dari 3 tahun. Hal ini mengindikasikan adanya degradasi usia efektif waduk, sehingga perlu upaya konservasi waduk untuk mengembalikan usia efektif waduk.

Tabel 13. Perhitungan Usia Guna Waduk

Metode	E	γ_d Ton/m ³	W_s Ton/ Tahun	V_s (W_s/γ_d)	L km ²	S m	V M ³	T (Tahun)
Churchill	21	2.65	4,526,569	1,708,139	2098.2	0.000814	1,058,600	2.95
Brune	97.5	2.65	4,526,569	1,708,139	2098.2	0.000814	1,058,600	0.64

Sumber : Hasil Perhitungan

Upaya konservasi

Upaya konservasi waduk PLTA Bakaru dibagi menjadi 2, yaitu: (a) Konservasi secara vegetasi: Kegiatan yang dilakukan penataan kawasan dan Penataan Jenis Tanaman/Managament Lahan dengan Kawasan Penyangga sebesar 13.831.25 ha, Kawasan Budidaya 90.738.25 ha (b) Konservasi secara mekanik : Kegiatan yang dilakukan adalah dengan membangun checkdam pada 9 lokasi terletak subbasin 21, 35, 59, 69, 98, 102,115, Tabel 9. Prosentase Reduksi Sedimen

119, dan subbasin 126 dan pengurangan sedimen dengan cara pengerukan (*dredger*).

Dari kegiatan ini inflow sedimen yang mampu di reduksi sebesar 2,839,008.46 ton/tahun atau 62.72% dari inflow sedimen per tahunnya sedangkan kegiatan pengerukan sedimen waduk dengan *dredger* berdasarkan kapasitas Pompa maks 500 m³/jam mampu mereduksi sedimen sebesar 424.000 ton/tahun atau 9.37 % dari inflow sedimen pertahunnya.

No	Program	Kegiatan	Reduksi Sedimen (Ton/thn)	Prosentase Reduksi Sedimen (%)	Keterangan
1	Upaya Konservasi Vegetasi	1 Penataan Kawasan dan Arahan Tataguna Lahan Management lahan 2 Penataan Jenis Tanaman/ Managament Lahan	-	-	Reduksi Sedimen minimal 10 tahun kedepan
2	Upaya Konservasi Mekanik	1 Pengerukan sedimen dengan Dredger 2 Pembangunan Checkdam pada Sub basin	424,200.00 2,839,008.46	9.37 62.72	Reduksi Sedimen dalam setahun Reduksi Sedimen dalam setahun serta pemeliharaan setiap tahunnya

Sumber : Hasil Analisa

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil Interpretasi Citra Satelit perubahan fungsi lahan tiap tahun tersebut menunjukkan telah terjadi perubahan fungsi lahan, perubahan fungsi lahan didominasi oleh penambahan luas, semak belukar sebesar 17663.52 ha (16.91%), tanah ladang/tegalan 5438.20 ha (5.21%), sawah 2966.28 ha (2.84%), pemukiman 1410.41 ha (1.35%), dan kebun 690.68 ha (0.66%). luas lahan yang mengalami penurunan hutan serta padang rumput/tanah kosong, masing-masing berkurang sebesar 27010.56 ha (25.86%) dan 1157.73 ha (1.11%).

2. Berdasarkan hasil simulasi AVSWAT 2000 diperoleh besar laju erosi pada DAS Mamasa sebesar 133.84 ton/ha/tahun pada tahun 2000, tahun 2005 sebesar 137,45 ton/ha/tahun, tahun 2010 sebesar 149,66 ton/ha/tahun dan untuk tahun 2014 sebesar 229,15 ton/ha/tahun. Dari hasil analisa menunjukkan telah terjadi perubahan luas lahan untuk kelas tingkat bahaya erosi pada periode tahun 2000 sampai tahun 2014. Luas lahan yang masuk pada kelas I (< 15) dengan kategori sedang sebesar 44,730.06 ha (42.78%) pada tahun 2000, sedangkan tahun 2014 berkurang menjadi 17.830,96 ha atau dari 42.78% menjadi 17.05%. Untuk

- kelas II (15-60) dengan kategori berat dari 45.306,50 ha (43.33%) tahun 2000 luasannya bertambah 51.443.08 (49.20%) tahun 2014. Untuk kelas III (60 - 180) kategori sangat berat terjadi perubahan luas lahan dari 14.532,55 ha (13.90%) bertambah menjadi 34.313.72 ha (32.81%) dan untuk Kelas IV (180 - 480) periode 2000 -2014 telah terjadi penambahan luas lahan 981.75 ha (0.94%) dengan kategori sangat berat.
3. Berdasarkan besar laju sedimentasi hasil Model AVSWAT, Waduk PLTA Bakaru menerima beban sedimen inflow (outlet 134) rata-rata sebesar 4,526,569.33 ton/tahun atau 1,708,139.37 m³/tahun. Berdasarkan besarnya inflow sedimen tersebut, dengan menggunakan tangkapan waduk metode Brunne diperoleh sisa usia guna waduk yang kurang dari 1 tahun atau sebesar 0.64 tahun. Sedangkan untuk metode Churchill diperoleh usia guna waduk kurang dari 3 tahun atau sebesar 2.95 tahun.
 4. Upaya konserasi untuk memperpanjang usia guna Waduk PLTA Bakaru dengan menggunakan metode konservasi vegetasi dan konservasi mekanik. Konservasi vegetasi lebih kepada penataan daerah tangkapan waduk dengan mengembalikan fungsi kawasan ke kekawasan seharusnya. kawasan penyangga sebesar 13831.25 ha dan kawasan budidaya 90738.25 ha. Konservasi mekanik yang diusulkan adalah bangunan *Check DAM* pada sistem jaringan sungai waduk PLTA Bakaru dengan jumlah 9 (*sembilan*) Bangunan *Check Dam* yang terletak di subbasin 21, 35, 59, 69, 98, 102, 155, 119, dan subbasin 126. Pembangunan *Check Dam* dapat mengurangi laju sedimentasi yang terjadi di waduk PLTA Bakaru 2,839,008.46 ton/tahun atau, 1,071,323.95 m³/tahun dengan usia guna *Check DAM* adalah rerata 5,2 tahun. Berdasarkan pertimbangan seperti prosentase reduksi sedimen dan lamanya manfaat dapat dirasakan maka dipilih alternatif Mekanik (*Dredging*) sebagai upaya prioritas dalam mengatasi permasalahan ini karena upaya ini menitikberatkan pada penanganan yang langsung dapat dirasakan manfaatnya dan memerlukan biaya yang lebih murah dibanding dengan pembangunan *checkdam*. Walaupun demikian pembangunan *checkdam* harus tetap di laksanakan karena dapat mereduksi sedimen pertahunnya sebesar 62.72 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Pemerintah RI, “Peraturan Meteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 47/Permentan/OT.140/10/2006 “Pedoman Umum Budidaya Pertanian Pada Lahan Pengunungan”
- Pemerintah RI, “Peraturan Meteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.4/Menhut-II/20011 “Pedoman Reklamasi Hutan”
- EKOREGION SUMAPAPU “Pusat Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Regional Sulawesi, Maluku dan Papua” <http://ppesumapapua.menlh.go.id/> di akses tanggal 2 Februari 2015.
- Asdak Chay. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Achmad Siddik Thoha.2008. Karakteristik Citra Satelit. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Ery Suhartanto. 2008. *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. CV:
- Marissa Aflah Syahrin, Erwin Budi Setiawan dan Sri Suryani.2013. Analisis Perbandingan Sistem Rekomendasi dengan Faktorisasi Matriks dan Pearson Berbasis Collaborative Filtering Pada Web E-Commerce.
- Utomo, W.H. 1994. Erosi dan Konservasi Tanah Tahun 2011: IKIP Malang.
- Linsley Ray K., 1986. Teknik Sumber Daya Air Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta