

KAJIAN PENGENDALIAN LAJU SEDIMEN DENGAN BANGUNAN PENGENDALI DI DAS HULU BATANG GADIS PROPINSI SUMATERA UTARA

Kaharuddin¹, Mohammad Bisri², Pitojo Tri Juwono²

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Universitas Brawijaya
Malang Jawa Timur Indonesia: Kaharuddinhrp@yahoo.com

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang

Abstrak: DAS Hulu Batang Gadis terletak di wilayah Kabupaten Mandailing Natal Propinsi Sumatera Utara. Laju erosi pada DAS Hulu Batang Gadis 3 tahun terakhir semakin meningkat, ini dapat di lihat dari hasil analisa dan perhitungan laju erosi metode USLE yaitu tahun 2008 sebesar 307.285 ton/ha/tahun, Tahun 2010 sebesar 318.482 ton/ha/tahun, Tahun 2012 sebesar 385.336 ton/ha/tahun. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan laju erosi di tahun 2008 - 2012 sebesar 20.26%. Adapun Tingkat bahaya erosi dan kekritisan lahan dengan kriteria Sangat Ringan 1,41%, Ringan 10.92%, Sedang 17.76%, Berat 49.59% dan Sangat Berat 20,32%. Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi di DAS/Sub DAS.. Saat ini masalah sedimen berdampak pada bagian hilir DAS Hulu Batang Gadis yaitu banyaknya sedimen yang masuk kesaluran irigasi dan terjadinya pendangkalan sungai. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan bangunan pengendali sedimen berupa Check Dam. Pada studi penelitian ini dilakukan usulan pembangunan pengendali sedimen sebanyak 33 Check Dam. Pencapaian keberhasilan dari pembangunan pengendali sedimen ini dapat mereduksi sedimen 90,91% secara rata-rata dari semua kapasitas tampungan Chek Dam, sedangkan dengan cara routing sedimen dapat mereduksi sedimen sebesar 97.39% dengan pengoperasian cek dam selama 3 tahun. Selain daripada bangunan pendali juga direkomendasikan Penanganan Konservasi lahan berupa perlakuan arahan fungsi kawasan dengan luas Kawasan Penyangga 59,28%, Kawasan Budi Tanaman Tahunan 4,57%, Kawasan Budi-daya Tanaman Semusim 36,15%. Pencapaian keberhasilan penataan kawasan tersebut adalah berdampak pada penurunan besar erosi lahan yaitu lahan tererosi sangat berat dari 20.32% luasan DAS Hulu Batang Gadis menjadi 1.83%.

Kata Kunci: Erosi, Sedimentasi, Bangunan Pengendali, Konservasi

Abstract: *Hulu Batang Gadis Watershed is located in the district of Mandailing Natal province of North Sumatra. The rate of erosion in the watershed upstream Batang Gadis last 3 years has increased, it can be seen from the results of the analysis and calculation of the rate of erosion USLE method which in 2008 amounted to 307 285 tonnes / ha / year, in 2010 amounted to 318 482 tonnes / ha / year, Year 2012 of 385 336 tonnes / ha / year. This indicates an increase in the rate of erosion in 2008 - 2012 at 20:26%.. The rate of soil erosion hazard and criticality criteria of 1.41% Very Light, Light 10.92%, 17.76% Medium, Heavy and Very Heavy 49.59%, 20.32%. The results depend on the amount of sediment erosion in the watershed / sub-watershed .. Currently sediment issues have an impact on the downstream watershed upstream Batang Gadis ie the number of incoming sediment kesaluran irrigation and river silting. One attempt to overcome this problem is by building sediment control in the form of Check Dam. In this research study conducted as the proposed construction of sediment control 33 Check Dam. Successful achievement of development can reduce sediment control sediment 90.91% on average of all the bin capacity Chek Dam, while by means of sediment routing can reduce sediment by 97.39% with the operation of the check dam for 3 years. In addition to building pendali also recommended handling a land conservation treatment with a wide landing area function Buffer Zone 59.28%, Budi Region 4.57% Annual Plants, Cultivation Region Annuals 36.15%. The arrangement of the achievements of the region is a big impact on the land eroded soil erosion is very heavy 20.32% of basin area upstream Batang Gadis be 1.83%.*

Keyword: *Erosion, sedimentation, controle structure, conservation*

Di Kabupaten Mandailing Natal Propinsi Sumatera Utara terbentang areal persawahan yang sangat luas yaitu ± 6.628 Ha, dengan sumber pengambilan air dari DAS Hulu Batang Gadis. Dari tahun ke tahun debit air yang ada di kawasan DAS Hulu Batang Gadis terus menurun dratis. Ini dapat dilihat dari kebutuhan air untuk areal persawahan tersebut tidak mencukupi, ditambah lagi banyaknya sedimen yang ada di sungai yang mengakibatkan pendangkalan sungai dan saluran irigasi.

Sedimen ini adalah bagian dari tanah yang tererosi di kawasan DAS Hulu Batang Gadis. Pada saat musim hujan (terutama bila hujan terjadi di daerah hulu DAS) air sungai sangat keruh sekali, namun sebaliknya pada musim tidak hujan air sungai cukup jernih. Sedimen terangkut sungai memberikan gambaran bahwa di kawasan hulu dan tengah dari DAS Hulu Batang Gadis telah terjadi erosi yang besarnya setara dengan sedimen terangkut sungainya, sehingga memberikan indikasi bahwa DAS Hulu Batang Gadis tergolong ke dalam DAS sangat kritis.

Sebagaimana permasalahan erosi yang tersebut diatas pada Das Hulu Batang Gadis, berdampak negatif bagi manusia, lingkungan dan prasarana bangunan air yang terletak di lahan Das Hulu Batang Gadis bagian hulu, tengah dan hilir, mejadi latar belakang penelitian ini. Dengan harapan hasil penelitian ini menjadi informasi yang akurat untuk pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengendalian laju sedimen ataupun konservasi lahan di DAS Hulu Batang Gadis. Desain penanganan kerusakan sebagai upaya konservasi adalah Check Dam dan rekomendasi penanganan kerusakan pada lahan.

LANDASAN TEORI

Uji Kualitas Data Hujan Metode Raps.

Metode ini digunakan untuk menguji ketidakpangpang data suatu stasiun dengan data dari stasiun itu sendiri dengan rumus: nilai statistik Q dan R.

$$Q = \max |S_k^{**}| \text{ untuk } 0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**}$$

Uji Konsistensi Data Hujan Dengan Metode Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*)

Membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rerata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva

Curah Hujan Rancangan

Dalam studi ini, curah hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode Log Person Tipe III,

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + K \cdot S$$

dengan:

Log X = logaritma besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$ = rata-rata dari logaritma curah hujan

K = faktor sifat distribusi Log Person Tipe III

S = simpangan baku (standar deviasi)

Analisa Debit Limpasan Metode Rasional Modifikasi

Rumus Metode Rasional Modifikasi dalam menentukan debit puncak, adalah sebagai berikut (Lewis et al., 1975 : 9):

$$Q = 0,278 \cdot C_s \cdot C \cdot I \cdot A$$

dengan:

Q = debit puncak dengan kala ulang tertentu (m^3/dt)

I = intensitas hujan rata-rata dalam t jam (mm/jam)

C = koefisien limpasan

A = luas daerah pengaliran (km^2)

C_s = koefisien tampungan

0,278 = faktor konversi

Intensitas Hujan (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m$$

dengan:

I = intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum 24 jam (mm)

t = waktu konsentrasi (jam)

m = konstanta

Waktu Konsentrasi (T_c)

$$T_c = T_o + T_d$$

T_c = waktu konsentrasi (jam)

$$T_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \times \frac{1}{60} \right] \text{ (jam)}$$

dengan:

L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

n = angka kekasaran Manning

S = kemiringan lahan (m/m)

Koefisien Tampungan (C_s)

Koefisien tampungan dapat dirumuskan, (Lewis et al., 1975: 12):

$$Cs = \frac{2T_c}{2T_c + T_d}$$

dengan:

T_c = waktu konsentrasi (jam)

T_d = Drain flow time (jam)

Memprediksi Besarnya Nilai Erosi

Persamaan USLE adalah sebagai berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

a. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Untuk menghitung nilai erosivitas hujan digunakan rumus Bols (1978).

$$EI30 = 6,119 (Rb)^{1,21} \cdot (N)^{-0,47} (Rmax)^{0,53}$$

Dimana:

EI30 = Faktor erosivitas hujan bulanan rata-rata ($J/m^2/mm/jam$)

Rb = Curah hujan rata-rata bulanan (mm)

N = Jumlah hari hujan rata-rata bulanan

Rmax = Curah hujan maksimum selama 24 jam (cm)

b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Penentuan nilai K bisa didapatkan dengan suatu perhitungan (Wischmeier, 1975) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$K = \frac{2,1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1,14} + 3,25 (S - 2) + 2,5 (P - 3)}{100}$$

Dimana:

K = erodibilitas tanah

OM = persen unsur organik atau (C organik x 1.72)

S = kode klasifikasi struktur tanah (granular, platy, massive, dll)

P = permeabilitas tanah

M = prosentase ukuran partikel (% debu + pasir sangat halus) x (100 - % liat)

c. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Pedoman yang dipakai untuk menghitung LS adalah *Modeling Soil Detachment with USLE 3d using GIS* (Helena Mitsova and Lubos Mitso, 1999) yaitu: DEM 30 x 30 dibagi menjadi 3 (dua) bagian yaitu: Slope, Flow Direction dan Flow Accumulation. Kemudian dari hasil Slope dan Flow Accumulation akan di masukkan ke rumus:

$$(((Flowacc \times resolution / 22.13)^{0.6} \times (\sin (11.475 \times 0.01745) / 0.09)^{1.3} \times 1.6$$

d. Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman

Adalah nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik dan tanpa tanaman.

e. Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah (P)

Adalah nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus

Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

No.	Kelas Tingkat Bahaya Erosi	Bahaya Erosi (ton/ha/tahun)	Keterangan
1	I	< 15	Sangat Ringan
2	II	15 – 60	Ringan
3	III	60 – 180	Sedang
4	IV	180 – 480	Berat
5	V	> 480	Sangat Berat

Sumber: Departemen Kehutanan, 2008

Arahan Fungsi Kawasan dan Tata Guna Lahan Berbasis Sumber Daya Air

Menurut Asdak (1995) analisis fungsi kawasan ditetapkan berdasarkan kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung dan hutan produksi yang berkaitan dengan SK Menteri Pertanian No. 387 dan karakteristik fisik DAS yaitu kemiringan lereng, jenis tanah menurut kepekaannya terhadap erosi, dan curah hujan harian rata-rata

Tabel 2. Skor kemiringan lereng Arahan RLKT

Kelas	Kemiringan Lereng	Skor (Nilai)
1	0 - 8 % (datar)	20
2	8 - 15 % (landai)	40
3	15 -25 % (agak curam)	60
4	≥ 25 - 45 % (curam)	80
5	45 % (sangat curam)	100

Sumber: Asdak, 2004:415

Tabel 3. Skor tanah menurut kepekaannya terhadap erosi Arahan RLKT.

Kelas	Tanah menurut kepekaannya terhadap erosi	Skor (Nilai)
1	Aluvial, Entosol, Hidromorf, kelabu, Latcrit (tidak peka)	15
2	Alisol (agak peka)	30
3	Lahan hutan coklat, tanah mediteran (kepekaan sedang)	45
4	Andisol laterik, Grumosol, Podsol, Podsolik (peka)	60
5	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina (sangat peka)	75

Sumber: Asdak, 2004:416

Tabel 4. Skor intensitas hujan harian rata-rata Arahan RLKT

Kelas	Intensitas Hujan	Skor (Nilai)
1	≤ 13,8 mm/hari (sangat rendah)	10
2	13,6 - 20,7 mm/hari (rendah)	20
3	20,7 - 27,7 mm/hari (sedang)	30
4	27,7 - 34,8 mm/hari (tinggi)	40
5	≥ 34,8 mm/hari (sangat tinggi)	50

Sumber: Asdak, 2004:416

Tabel 5. Status Kawasan

No	Kemiringan Lereng	Skor (Nilai)
1	Kawasan Budidaya (Cultivation Zone)	< 125
2	Kawasan Penyangga (Buffer Zone)	125 - 175
3	Kawasan Lindung (Protection Zone)	>175

Sumber: Asdak, 2004

Sediment Delivery Ratio (SDR)

Dalam perhitungan *Sediment Delivery Ratio (SDR)* rumus yang digunakan adalah *United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service (SCS)*, (1979):

$$SDR = 0.51 A^{-0.11}$$

Dimana,

A = luas daerah aliran (Mil²)

Perhitungan Debit Rancangan (Qr)

Debit banjir puncak obyektif atau debit rancangan didapat dengan rumus: $Q_r = 1,2 Q_o^2$, (Q_o = debit banjir maksimum)

Perencanaan Main Dam

a. Tinggi Efektif Main Dam (h_m)

Berdasarkan fungsi check dam, maka tinggi efektif *main dam* direncanakan pada ketinggian tertentu untuk menghasilkan kemiringan dasar sungai stabil, untuk perencanaan minimal 5 m

b. Perencanaan Lebar Peluap Main Dam

Untuk menghitung lebar peluap *main dam* digunakan rumus sebagai berikut:

$$B1 = a \cdot Q_d$$

dimana:

B1 = lebar peluap (m)

Q_d = debit banjir rencana (m³/det)

a = koefisien limpasan

c. Tinggi Limpasan di Atas Peluap (h_w)

Debit yang mengalir di atas peluap dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_d = (2/15) \cdot Cd \cdot \sqrt{2g} \cdot (3B1 + 2B2) \cdot H_w^{3/2}$$

dimana:

Q_d = debit banjir rencana (m³/det)

Cd = koefisien debit (0,6 – 0,66)

g = percepatan gravitasi (9,8 m³/det)

B1 = lebar peluap bagian bawah (m)

B2 = lebar muka air di atas peluap (m)

B2 = B1 + 2m.h_w

h_w = tinggi air di atas peluap (m)

d. Tebal Mercu Peluap Main Dam

Sebagai pedoman untuk menentukan tebal mercu peluap memakai tabel dibawah ini:

Tabel 6. Tebal Mercu Peluap Main Dam

Tebal Mercu	b= 1.5 - 2.5 m	b= 3.0 - b= 4.0 m
Material	Pasir, kerikil atau kerikil dan batu	Batu-batu besar
Hidrologis	Kandungan sedimen sedikit sampai sedimen yang banyak	Debris flow kecil sampai debris flow yang besar

Sumber: Sosrodarsono, 1985

e. Kedalaman Pondasi Main Dam

Untuk menghitung kedalaman pondasi *main dam* rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$h_p = (1/3 \text{ s/d } 1/4) (h_w + h_m)$$

dimana:

h_w = tinggi air di atas peluap (m)

h_m = tinggi efektif *main dam* (m)

h_p = kedalaman pondasi *main dam* (m)

f. Kemiringan Tubuh Main Dam

a. Kemiringan Hulu

Dimana kemiringan hulu *main dam* diambil sebesar 1 : 0.2

b. Kemiringan Hilir

Kemiringan hilir dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$n_{maks} = \sqrt{\frac{\beta \cdot f \cdot b(\gamma_m - \gamma_{ws}) \cdot \cos \alpha}{\gamma_{ws}}} \cdot \sqrt{\frac{2}{gh}}$$

dengan:

β = 2.g

f = koefisien friksi material dam dan dasar sungai

b = diameter batu yang dianggap dapat merusak tubuh bangunan (m)

γ_m = berat isi bahan pembentuk dam (t/m)

- γ_s = berat isi air dan sedimen (t/m)
 α = $\tan \alpha = l_0$
 h = tinggi bangunan utama
 g = percepatan gravitasi (9,8 m³/det)

Perhitungan Panjang Apron

Aliran pada pelimpah terjunan lurus didekati dengan persamaan sebagai berikut (Chow, 1909: 418):

$$D = \frac{q^2}{g \cdot h^3}$$

dengan:

- D = bilangan terjunan
 q = debit tiap satuan bias pelimpah (m³/det.m)
 h = tinggi terjunan (m)

Beberapa fungsi parameternya adalah:

$$L_d/h = 4,30 \times D^{0.27}$$

$$Y_p/h = 1.00 \times D^{0.22}$$

$$Y_1/h = 0,54 \times D^0$$

$$Y_2/h = 1,66 \times D^{0.2}$$

Dengan:

- L_d = panjang terjunan (m)
 Y_p = kedalaman genangan di bawah(m)
 Y_1 = kedalaman pada tempat mulai loncatan (m)
 Y_2 = tinggi muka air setelah terjadi loncatan (m)

Panjang loncatan hidrolis dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut (Rangga Raju.KG,1986: 194):

$$L1 = 5 \times (Y2 - Y1)$$

Tinggi Sub Dam (h₂)

Tinggi *sub dam* direncanakan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_2 = (1/3 \text{ s/d } 1/4) \times (h_m + h_p)$$

dimana:

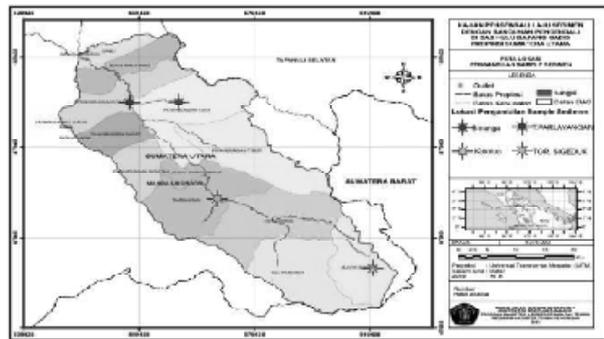
- h_2 = tinggi mercu *sub dam* dari lantai terjun (m)
 h_m = tinggi efektif *main dam* (m)
 h_p = kedalaman pondasi *main dam* (m)

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer yang dikumpulkan secara langsung adalah: data hasil pengukuran debit sedimen di lapangan, dan data tanah hasil laboratorium nilai K.



Gambar 1. Lokasi pengukuran dan pengambilan sample sedimen.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang bersumber dari instansi-instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran

Metode Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode analisa Overlay Peta dengan dasar perhitungan untuk masing-masing parameter yang harus dihitung dalam penelitian ini, yakni besaran erosi, besaran tingkat bahaya erosi, besaran debit limpasan lahan pada luas-an lahan DAS

Analisa sebaran Besar Laju Erosi dengan Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)

Analisa Laju erosi pada penelitian ini menggunakan metode *USLE (Universal Soil Loss Equation)*

Analisa Sebaran Besar Limpasan Lahan

Dalam studi ini penentuan besar debit limpasan dilakukan dengan menggunakan pendekatan Metode Rasional Modifikasi. Metode Rasional Modifikasi merupakan pengembangan dari metode Rasional, dimana waktu konsentrasi curah hujan yang terjadi lebih lama

Kalibrasi dan Verifikasi

Kalibrasi dan verifikasi adalah untuk pengecekan tentang satuan-satuan yang dipakai dalam analisa perhitungan yang dibandingkan dengan hasil pengujian di lapangan. Besaran nilai hasil analisa yang di kalibrasi dalam penelitian ini adalah besar volume sedimen yang terjadi.

Perencanaan Konservasi

Setelah diketahui nilai dan sebaran erosi pada DAS Batang Gadis Hulu, maka dapat direncanakan letak dan tipikal bangunan pengendalinya.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Uji Kualitas Data Hujan (Raps)

Tabel 7. Uji Konsistensi Data Metode Raps Sta. Hujan Panyabungan dan Sta. Muara Sipongi.

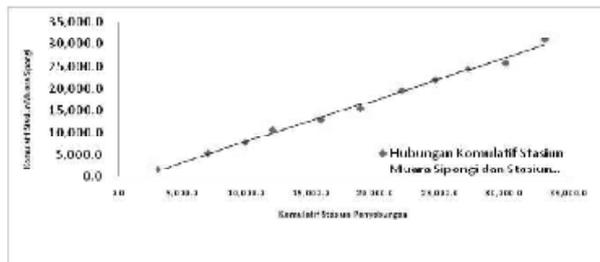
No	Tahun	Hujan	Sk*	[Sk*]	DyZ	Sk**	[Sk**]	
1	2011	10.35	-9.45	9.45	4.08	-1.68	1.86	
2	2010	12.18	7.65	7.65	2.68	1.36	1.36	
3	2002	12.54	-7.26	7.26	2.40	-1.29	1.29	
4	2009	14.47	-5.33	5.33	1.29	-0.96	0.96	
5	2004	16.53	-3.27	3.27	0.49	-0.68	0.68	
6	2006	17.39	2.42	2.42	0.27	0.43	0.43	
7	2007	19.72	-0.08	0.08	0.00	-0.01	0.01	
8	2008	22.43	2.59	2.58	0.51	0.48	0.46	
9	2012	24.67	4.87	4.87	1.08	0.86	0.86	
10	2005	29.95	10.14	10.14	4.63	1.00	1.00	
11	2003	37.67	17.86	17.86	11.51	3.17	3.17	
Rerata		19.8050	6.4491					
Jumlah		31.7308						
Sk**max							3.1714	
Sk**min							0.0146	
Q - [Sk**max							3.1714	
R = Sk**max - Sk**							3.1568	
Q/n^0.5 =							0.3797	
R/n^0.5 =							0.3788	

No	Tahun	Hujan	Sk*	[Sk*]	DyZ	Sk**	[Sk**]	
1	2005	14.29778	-12.87	12.87	7.53	-0.01	0.01	
2	2002	20.89356	-6.27	6.27	1.79	0.00	0.00	
3	2004	24.82146	-2.34	2.34	0.25	0.00	0.00	
4	2003	24.83085	-2.33	2.33	0.25	0.00	0.00	
5	2007	28.33613	0.83	0.83	0.05	0.00	0.00	
6	2006	28.03241	0.84	0.84	0.05	0.00	0.00	
7	2010	29.84329	2.69	2.68	0.33	0.00	0.00	
8	2009	30.05321	2.89	2.89	0.38	0.00	0.00	
9	2012	30.87923	3.71	3.71	0.83	0.00	0.00	
10	2000	31.47706	4.26	4.26	0.83	0.00	0.00	
11	2011	37.42649	10.26	10.25	4.79	0.01	0.01	
Rerata		27.1649	4.4804					
Jumlah		16.8179						
Sk**max							0.0064	
Sk**min							0.0004	
Q - [Sk**max							0.0064	
R = Sk**max - Sk**							0.0060	
Q/n^0.5 =							0.0171	
R/n^0.5 =							0.0165	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari table diatas diperoleh nilai $Q/n^{0.5}$ dan nilai $R/n^{0.5}$ lebih kecil daripada Tabel yang dipersyaratkan maka data ok

Uji Konsistensi Data Hujan dengan Kurva massa ganda



Gambar 2. Kurva massa ganda.

Berdasarkan grafik pada gambar tersebut menunjukkan bahwa uji konsistensi data hujan tidak ditemukan data yang terlalu menyimpang sehingga data hujan dianggap konsisten dan dapat digunakan untuk perhitungan

Curah Hujan Rancangan

Tabel 8. Perhitungan Hujan Rancangan dengan berbagai kala ulang.

No	T _r (tahun)	R-rata-rata (log)	Std Deviasi (log)	Koefisien regresi (C _s)	Pe-uarang (%)	K	Curah Hujan Rancangan	
							log	mm
1	1.01	1.91	0.11	0.22	99.00	-2.16	1.67	47.24
2	2	1.91	0.11	0.22	50.00	0.04	1.92	82.38
3	5	1.91	0.11	0.22	20.00	0.83	2.00	100.65
4	10	1.91	0.11	0.22	10.00	1.30	2.05	113.07
5	20	1.91	0.11	0.22	5.00	1.74	2.10	126.67
6	35	1.91	0.11	0.22	4.00	1.82	2.11	129.09
7	50	1.91	0.11	0.22	3.00	2.00	2.17	141.32
8	100	1.91	0.11	0.22	1.00	2.49	2.19	153.13
9	200	1.91	0.11	0.22	0.50	2.78	2.22	165.01
10	500	1.91	0.11	0.22	0.20	3.25	2.27	185.88
11	1000	1.91	0.11	0.22	0.10	3.41	2.29	193.38

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Erosi

Untuk memperkirakan besarnya laju erosi menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*)

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

a. Analisa Indeks Erosivitas Hujan (R)

$$R = \frac{EI_{30}}{100^2}$$

$$EI_{30} = 6.119 (CH)^{1.21} \cdot (HH)^{0.47} (H_{24} \text{Max})^{0.53}$$

Tabel 9. Perhitungan Indeks Erosivitas Hujan

Bulan	CH (mm)	HH	H ₂₄ Max (mm)	EI ₃₀
Januari	169.18	9.55	87.00	112.313
Februari	155.38	8.64	79.00	100.912
Maret	215.30	11.64	96.00	144.322
April	262.75	10.09	171.00	266.661
Mai	172.42	10.45	76.00	102.495
Juni	156.55	7.73	81.40	109.007
Juli	128.65	7.73	73.00	81.140
Agustus	272.10	11.09	81.60	179.780
September	259.33	13.27	79.00	153.246
Oktober	369.48	16.45	105.00	247.197
November	336.40	15.73	86.70	203.657
Desember	321.54	13.91	94.00	213.224
R =				1,913.963

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Analisa Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Tabel 10. Nilai K USLE.

ID	JENIS TANAH	K USLE	LUAS (Ha)	PROSENTASE (%)
1	Aluvial Coklat Klatou	0,770	5136,742	3,69
2	Hidro-morfik Kelabu	0,518	18506,816	11,38
3	Latosol Coklat	0,581	19559,017	11,77
4	Latosol Coklat Kemerahan	0,594	38064,356	22,97
5	Organic & Gelliumus	0,518	3420,534	2,06
6	Podsolik Merah Kekuningan R. Podsolik Coklat Kekuningan	0,571	9800,535	5,70
7	Podsolik Merah Marung Latosol & Ultisol	0,571	6720,1820	40,48
8	Tanah Kapur Coklat	0,380	3500,551	2,39
JUMLAH			166.108,53	100,00

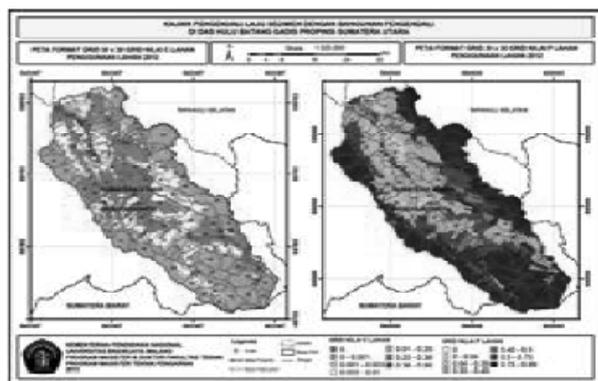
Sumber: Hasil Analisa

c. Analisa Faktor (CP)

Tabel 11. Nilai Koefisien C dan P Setiap Penggunaan Lahan Tahun 2012

NO	LAHAN	C	P	LUAS (Ha)	PROSENTASE (%)
1	Hutan Tanaman Industri	0,001	0,900	572,745	0,345
2	Hutan lahan kering primer	0,001	0,900	18,441,238	11,102
3	Hutan lahan kering sekunder	0,001	0,900	54,112,282	32,575
4	Permukiman	-	-	1,136,805	0,584
5	Pertanian lahan kering	0,020	0,100	6,531,676	3,932
6	Pertanian lahan kering bercampur semak	0,363	0,050	44,363,206	26,707
7	Rawa	0,003	0,040	28,565	0,017
8	Sawah	0,010	0,350	10,168,854	6,122
9	Semak belukar	0,010	0,750	27,538,107	16,578
10	Semak belukar/rawa	0,003	0,040	475,489	0,285
11	Tanah Terbuka	0,550	0,400	1,519,665	0,915
12	Tubuh air	-	-	1,219,899	0,734
JUMLAH			166.108,53	100,00	

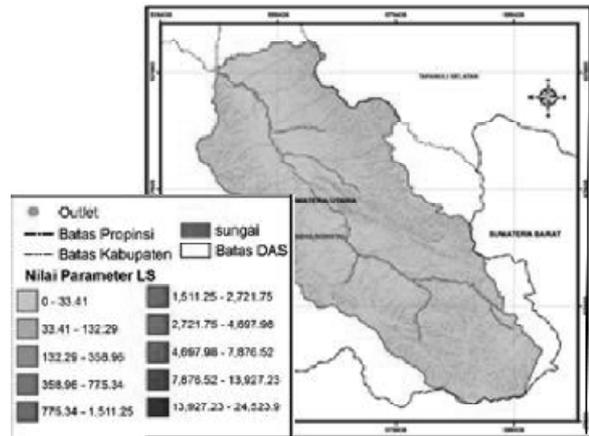
Sumber: Hasil Analisa



Gambar 3. Sebaran nilai C dan P tahun 2012.

d. Analisa Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

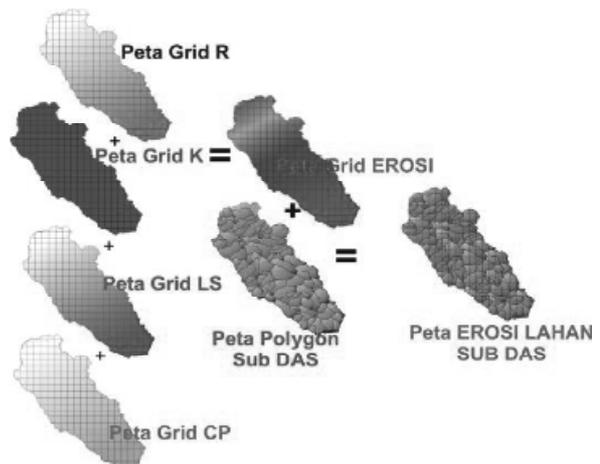
Perhitungan parameter LS kemiringan lereng masing-masing lahan sub DAS Hulu Batang Gadis ini menggunakan SIG dengan perhitungan berbasis pixel/Grid.



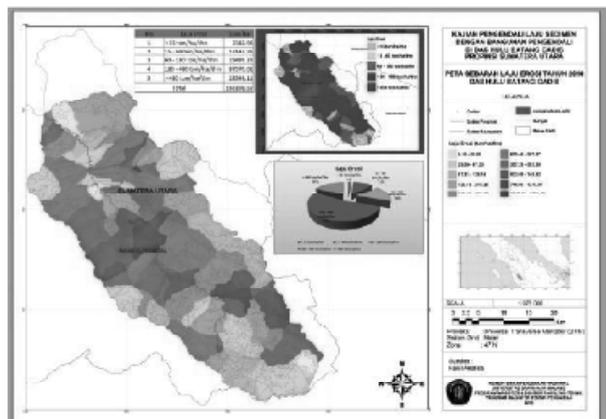
Gambar 4. Sebaran nilai LS DAS Hulu Batang Gadis.

e. Besar Erosi Lahan Yang Terjadi

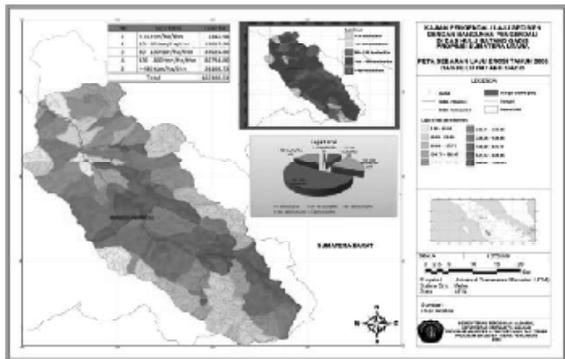
Perhitungan erosi lahan yang terjadi menggunakan basis GIS map Calculator Peta Grid masing-masing Parameter diatas : $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$.



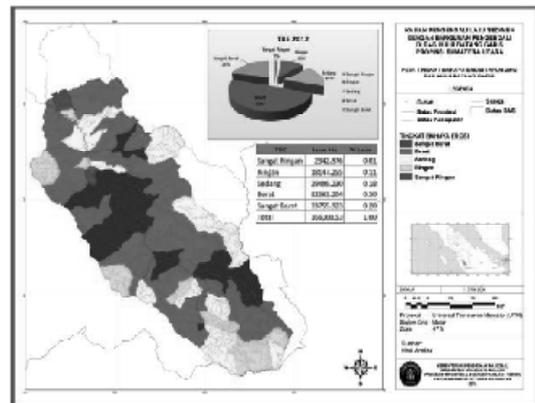
Gambar 5. Ilustrasi overlay grid peta parameter perhitungan erosi.



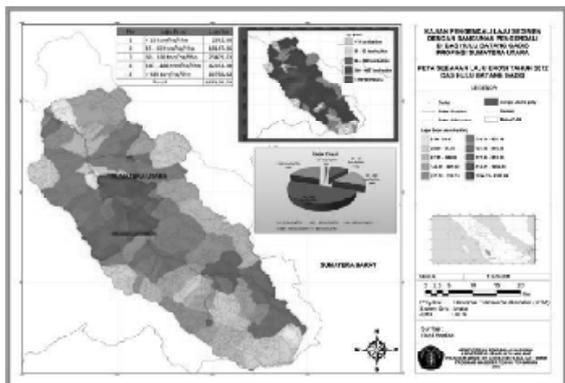
Gambar 6. Peta laju erosi tahun 2008.



Gambar 7. Peta laju erosi tahun 2010.



Gambar 10. Tingkat bahaya erosi tahun 2012



Gambar 8. Peta laju erosi tahun 2012.

h. Arahan dan Desain Perencanaan Konservasi Penanganan Konservasi lahan berupa penentuan Arahan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (ARLKT)

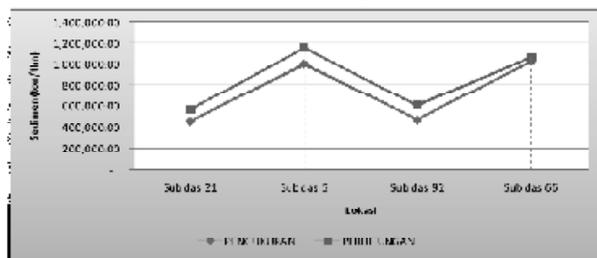
Tabel 13. Arahan Fungsi Kawasan DAS Hulu Batang Gadis.

NO	KAWASAN	LUAS (A) HA	LUAS (A) KM ²	Prosentase
1	Kawasan Perwarga	98,473.708	984,737	59,283
2	Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	7,561.430	75,814	4,564
3	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim	60,053.391	600,531	36,253
	JUMLAH	166,108.530		100,000

Sumber: Hasil Analisa Overlay Peta dengan Arcview GIS 3.3.

f. Kalibrasi Hasil Perhitungan Model USLE dan Lapangan

Kalibrasi perhitungan penelitian ini dengan membandingkan nilai hasil perhitungan SDR USLE DAS hulu Batang Gadis dengan data pengukuran hasil konsentrasi sedimen di lapangan.



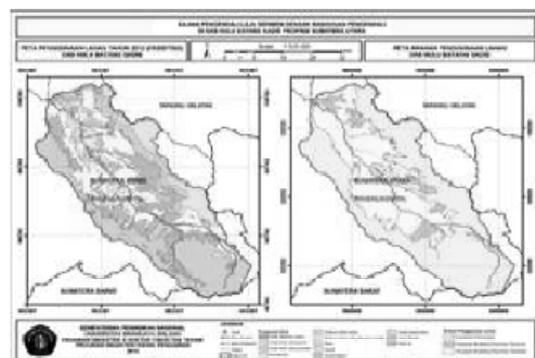
Gambar 9. Grafik perbandingan hasil SDR USLE dan pengukuran sedimen lapangan (ton/thn)

g. Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

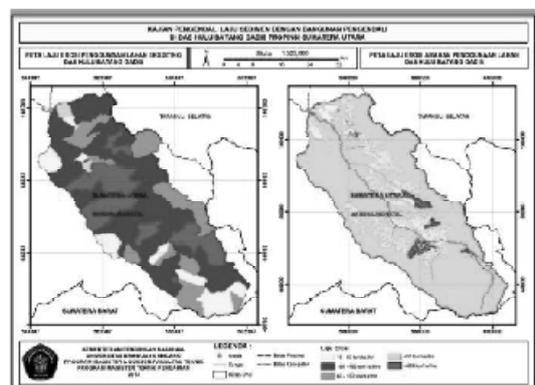
Tabel 12. Tingkat Bahaya Erosi Tahun 2012.

NO	TINGKAT BAHAYA EROSI TAHUN 2012	LUAS (A) HA	PROSENTASE %
1	Sangat Ringan	2,342.98	1.41
2	Ringan	18,147.25	10.92
3	Sedang	29,499.22	17.76
4	Berat	82,363.10	49.58
5	Sangat Berat	33,755.90	20.32
	JUMLAH	166,108.53	100.00

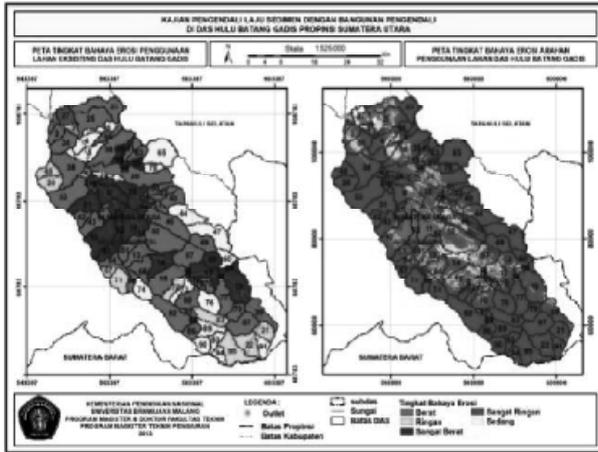
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 11. Peta arahan penggunaan lahan.



Gambar 12. Peta laju erosi eksisting dan setelah arahan penggunaan lahan.



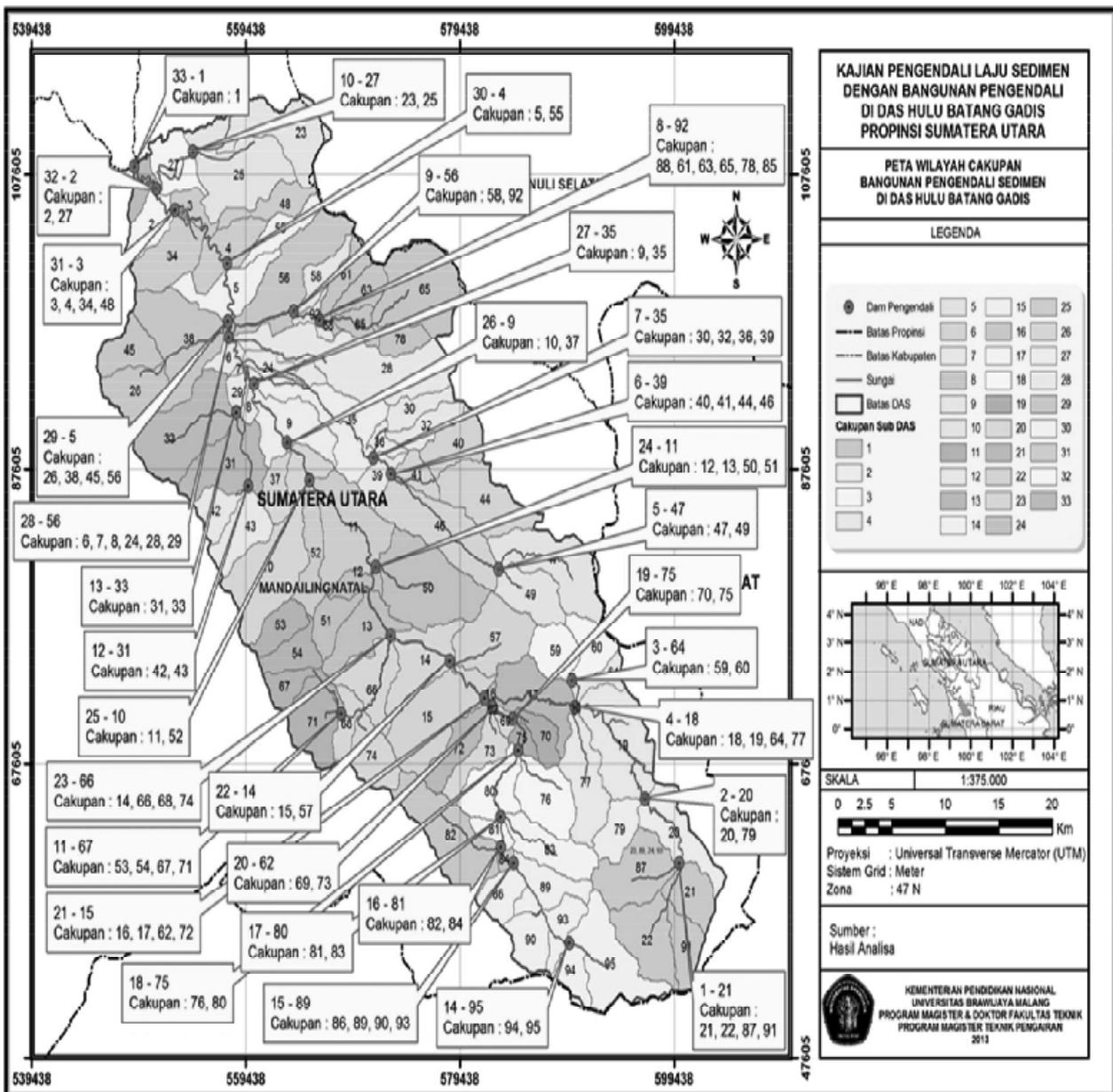
Gambar 13. Peta tingkat bahaya erosi eksisting dan setelah arahan penggunaan lahan.

Desain Perencanaan Konservasi Bangunan Sipil

Pada studi penelitian ini dilakukan usulan penangan konservasi Bangunan Sipil yaitu Bangunan Pengendali Sedimen berupa desain Check DAM

Penentuan letak lokasi bangunan Pengendali Sedimen (BPS) untuk menanggulangi besar beban sedimen sungai akibat besar erosi lahan yang terjadi, adalah berdasarkan lahan Sub DAS yang memiliki kondisi IBE tinggi atau sangat tinggi sekali. Prioritas penempatan bangunan pengendali sedimen (BPS) sebagai berikut:

- 1) Menanggulangi daerah kritis agar tidak semakin parah.



Gambar 14. Peta wilayah cakupan (Cathman Area) sesuai lokasi penempatan bangunan pengendali.

- 2) Memenuhi syarat kontur, diusahakan di lokasi yang bertopografi landai, sehingga banyak menampung sedimen
- 3) Bisa mencakup 2 (dua) anak sungai yang akan masuk dalam lokasi Dam Pengendali (check dam)

Indikator Keberhasilan Usulan Penanganan

Sebagai Indikator keberhasilan usulan penanganan pengendalian laju sedimen dengan bangunan pengendali (Check Dam) adalah untuk mengetahui

Untuk konservasi lahan yang diusulkan adalah dari berapa persen nilai perubahan besar erosi akibat upaya Arahan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (ARLKT) berapa persen sedimen yang bisa direduksi.

Tabel 14. Rekapitulasi Desain Bangunan Pengendali (Check Dam) DAS Hulu Batang Gadis.

No.	Lokasi Check Dam Sub DAS	Tinggi Efektif Dam (hm) (m)	Lebar Mercu Pelimpah (B1) (m)	Tinggi Air di Atas Pelimpah (hw) (m)	Lebar Muka Air di Atas Pelimpah (B2) (m)	Tinggi Jagaar (h1) (m)	Tebal Mercu Pelimpah (b) (m)	Kedalaman Pondasi (hp) (m)	Kemiringan Tubuh Main Dam		Panjang Apron (L) (m)	Tinggi Sub Main Dam (h2) (m)
									Hulu (m)	Hilir (m)		
1	1	5	15	0.50	17	0.6	3	1.5	0.2	0.50	5.50	1.60
2	2	5	21	0.80	24	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.80	1.70
3	3	5	29	1.00	32	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.30	1.70
4	4	5	22	0.80	25	0.6	3	1.5	0.2	0.50	7.20	1.70
5	5	5	29	1.00	32	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.40	1.70
6	9	5	35	1.10	38	0.6	3	1.5	0.2	0.50	9.30	1.70
7	10	5	36	1.10	39	0.6	3	1.5	0.2	0.50	9.30	1.70
8	11	5	39	1.20	42	0.6	3	1.5	0.2	0.50	9.70	1.70
9	14	5	25	0.90	28	0.6	3	1.5	0.2	0.50	7.50	1.70
10	15	5	30	1.00	34	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.30	1.70
11	18	5	29	1.00	33	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.30	1.70
12	20	5	21	0.80	24	0.6	3	1.5	0.2	0.50	7.00	1.70
13	21	5	17	0.70	20	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.10	1.70
14	27	5	29	1.00	33	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.40	1.70
15	31	5	26	0.90	30	0.6	3	1.5	0.2	0.50	7.80	1.70
16	33	5	29	1.00	33	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.30	1.70
17	35	5	21	0.80	24	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.90	1.70
18	35	5	35	1.10	39	0.6	3	1.5	0.2	0.50	9.20	1.70
19	39	5	19	0.80	22	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.50	1.70
20	47	5	4	0.30	5	0.6	3	1.5	0.2	0.50	2.80	1.60
21	56	5	15	0.50	17	0.6	3	1.5	0.2	0.50	5.50	1.60
22	56	5	30	1.00	34	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.40	1.70
23	62	5	10	0.50	12	0.6	3	1.5	0.2	0.50	4.70	1.60
24	64	5	32	1.10	36	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.70	1.70
25	66	5	27	0.90	31	0.6	3	1.5	0.2	0.50	8.00	1.70
26	67	5	18	0.70	21	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.30	1.70
27	75	5	14	0.50	16	0.6	3	1.5	0.2	0.50	5.30	1.60
28	75	5	4	0.30	5	0.6	3	1.5	0.2	0.50	2.70	1.60
29	80	5	4	0.20	5	0.6	3	1.5	0.2	0.50	1.80	1.60
30	81	5	7	0.30	8	0.6	3	1.5	0.2	0.50	2.80	1.60
31	89	5	5	0.30	6	0.6	3	1.5	0.2	0.50	3.00	1.60
32	92	5	19	0.70	22	0.6	3	1.5	0.2	0.50	6.50	1.70
33	95	5	3	0.20	4	0.6	3	1.5	0.2	0.50	2.30	1.60

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 15. Perubahan Tingkat Bahaya Erosi Setelah Usaha Perbaikan Lahan.

Kelas Tingkat Bahaya Erosi Penggunaan Lahan Eksisting	Luas	% Luas	Kelas Tingkat Bahaya Erosi Arahkan Penggunaan Lahan	Luas	% Luas
Berat	82,363.19	49.58	Berat	9,461.60	5.70
Ringan	18,147.25	10.92	Ringan	19,500.00	11.74
Sedang	29,499.22	17.76	Sedang	2,784.80	1.68
Sangat Berat	33,755.90	20.32	Sangat Berat	3,039.50	1.83
Sangat Ringan	2,342.98	1.41	Sangat Ringan	131,322.50	79.06

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 16. Dampak Manfaat Bangunan Pengendali Check Dam terhadap Reduksi Sedimen DAS Hulu Batang Gadis.

Jumlah Total Volume Sedimen tiap tahun	Total Volume Tampungannya Check Dam	Rerata Usia Guna Check	Volume Tampungannya Sedimen tiap tahun	Reduksi sedimen tiap tahun
Ton/tahun	Ton	Tahun	Ton/Tahun	%
23,298,465.01	81,755,440.33	4	21,180,074.80	90.91

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 17. Routing Sedimen selama 3 (tiga) tahun.

Jumlah Total Volume Sedimen tiap tahun	Jumlah Volume Sedimen di outlet selama 3 tahun	Jumlah sedimen yang tertahan di Tampungannya di hulu outlet	Reduksi sedimen tiap tahun
Ton/tahun	Ton	Ton	%
23,298,465.01	608,578.68	22,689,886.33	97.39

Sumber: Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

DAS Hulu Batang Gadis mempunyai luas total keseluruhan 166,108.53 Ha, dengan Laju Erosi lahan tahun 2008 sebesar 307.285 ton/ha/tahun tahun 2010 Laju Erosi lahan sebesar 318.482 ton/ha/tahun dan tahun 2012 Laju Erosi lahan sebesar 385.336 ton/ha/tahun Sehingga dapat diketahui bahwa di tahun 2008–2012 besar erosi lahan yang terjadi meningkat hingga 20.26%.

Hasil analisa prosentasi kondisi lahan dengan tingkat bahaya erosi dan kekritisannya lahan tahun 2012 di DAS Hulu Batang Gadis, dengan kriteria: Sangat Ringan 1.41%, Ringan 10.92%, Sedang 17.76%, Berat 49.58%, Sangat Berat 20.32%.

Pada studi penelitian ini dilakukan usulan penanganan konservasi menggunakan 2 basix penanganan yaitu: (1) Penanganan Konservasi lahan berupa penentuan Arahkan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (ARLKT): Fungsi Kawasan Penyangga 59.28%, Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan dengan 4.57%, Kawasan Budidaya Tanaman Semusim 36.15%. Pencapaian keberhasilan penataan ka-

wasan tersebut adalah berdampak pada penurunan besar erosi lahan yaitu lahan tererosi sangat berat dari 20.32% menjadi 1.83%; (2) Penanganan Konservasi Bangunan Sipil Bangunan Pengendali Sedimen berupa desain Check DAM, diusulkan sejumlah 33 buah, memberikan daya hambat laju sedimen dengan kapasitas tampungannya adalah setiap tahunnya sebesar 21,180,074.80 ton/tahun. Maka jika dibandingkan dengan jumlah sedimen eksisting pada outlet DAS Hulu Batang Gadis yakni sebesar 23,298,465.01 ton/tahun, maka bangunan Check Dam ini mampu mereduksi tingkat laju sedimentasi sebesar 90.91%. Secara routing sedimen bisa mereduksi 97.39% selama 3 tahun

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor IPB Press
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Pusat Statistik. 2007. *Kabupaten Mandailing Natal. Sumatera Utara*.

- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Asahan/Barumun. Propinsi Sumatera Utara. 2008. Karakteristik DAS Batang Gadis. *Buku I sampai Buku III*.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Asahan/Barumun. Propinsi Sumatera Utara. 2010. *Rencana Umum Pengelolaan DAS Terpadu DAS Batang Gadis Buku I sampai Buku III*.
- Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera II. 2010. *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Batang Angkola-Batang Gadis*.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2004. *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai*.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Direktorat Sungai Ditjen Pengairan. *Sabo Design Proyek Gunung Merapi*.
- Chow, V.T. 1997. *Hidrologi Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Harto, Sri Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1999. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumberdaya Tanah Dan Air*. Yogyakarta: ANDI.
- Utomo, W.H. 1994. *Erosi Dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP Malang.
- Volcanic Sabo Technical Centre. Japan International Cooperation Agency. 1987. *Perencanaan Sabo*.