

ANALISA EROSI DAN SEDIMENTASI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) PADA BAGIAN HULU DAS CILIWUNG KABUPATEN BOGOR JAWA BARAT

Muhamad Zakaria Razianto¹, Ery Suhartanto², Jadfian Sidqi Fidari²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

Email: mz.razianto@gmail.com

ABSTRAK : Aktivitas alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan arahan fungsi kawasan berdampak buruk bagi ekosistem pada DAS Ciliwung. Bencana longsor, pendangkalan pada dasar sungai akibat sedimentasi dan banjir dengan kandungan lumpur pada bagian hilir sering terjadi pada DAS Ciliwung. Untuk menyelesaikan masalah-masalah yang terjadi pada DAS Ciliwung perlu dilakukan usaha konservasi dengan metode tata guna lahan baru (skenario) dan penentuan lokasi *checkdam* pada bagian Hulu DAS Ciliwung. Penelitian dengan model *ArcSWAT 2012* bertujuan untuk menghitung besarnya limpasan, erosi dan sedimentasi yang terjadi pada DAS Ciliwung Hulu. Proses kalibrasi menggunakan tahun 2007, 2011, 2013, verifikasi pada tahun 2014 dan hasil eksisting pada tahun 2015. Hasil simulasi pada kondisi eksisting menunjukkan besarnya limpasan rata – rata 140.84 mm/tahun, erosi rata – rata 66.28 ton/ha/tahun dan sedimentasi rata – rata 43143.41 m³. Kondisi tersebut menunjukkan tingkat kekritisan lahan pada DAS Ciliwung Hulu dengan kriteria semi kritis seluas 925.47 ha (6.31% luas DAS), kritis seluas 8662.5 ha (57.37% luas DAS) dan super kritis seluas 5510.88 ha (36.5% luas DAS). Dengan usaha konservasi tata guna lahan baru dalam kurun waktu 15 tahun dapat menurunkan limpasan sebesar 30.51%, erosi sebesar 54.69% dan sedimentasi 66.55%. Dalam kurun waktu 1 tahun efektivitas penanganan sedimentasi dengan usaha konservasi tata guna lahan baru (skenario) sebesar 4.36% dan *checkdam* sebesar 8.56%.

Kata kunci : Perubahan tata guna lahan, *ArcSWAT 2012*, Limpasan, Erosi, Sedimentasi

ABSTRACT : The activity of land conversion which was not in accordance with the direction of the function of the area has a negative impact on the ecosystem in Ciliwung Watershed. The landslide, sedimentation at the bottom of the river due to silting and flooding with mud content on the downstream often occurred in Ciliwung Watershed. To solve the problems occurring in Ciliwung Watershed, conservations should be carried out with new land use methods (scenarios) and determination of *checkdam* sites in the upstream of Ciliwung Watershed. *ArcSWAT 2012* model is used in aims to calculate the amount of runoff, erosion and sedimentation occurred in upstream of Ciliwung Watershed. Land use in 2007, 2011 and 2013 were used for the calibration, verification process was done with 2014 and 2015 was used for the existing result. Simulation results on existing conditions shows an average runoff rate of 140.84 mm/year, average erosion rate of 66.28 ton/ha/year and average sedimentation rate of 43143.41 m³. The condition showed the critical level of land in upper watershed of Ciliwung with semi – critical criteria covering 925.47 ha (6.31% of watershed area), critical area of 8662.5 ha (57.37% of watershed area) and super critical area of 5510.88 ha (36.5% of watershed area). With the conservation of new land use within 15 years could decrease runoff by 30.51%, erosion of 54.69% and sedimentation 66.55%. within a period of 1 year the effectivity of handling sedimentation with new land use conservation (scenarios) of 4.36% and *checkdam* of 8.56%.

Keywords: Land use changes, *ArcSWAT 2012*, Watershed, Run off, Erosion, Sedimentation

PENDAHULUAN

DAS Ciliwung Hulu adalah bagian dari DAS Ciliwung Hulu yang merupakan salah satu dari 62 DAS kritis prioritas I di Indonesia (KEPMENHUTBUN No. 284/Kpts-II/1999, dalam arsyad 2010). Sungai dengan luas areal 151 km² mencakup areal mulai dari *inlet* di Tugu Puncak (Telaga Warna), Kabupaten Bogor sampai *outlet* di Bendung Katulampa, Kota Bogor.

Kegiatan pembangunan di DAS Ciliwung, baik di hulu maupun di hilir tergolong sangat intensif dan penambahan penduduk cukup tinggi. Kegiatan pembangunan di DAS Ciliwung cenderung mengarah pada penurunan kemampuan lahan dalam meresapkan air, dan melindungi tanah dari erosi, yang pada akhirnya menyebabkan tinggi limpasan permukaan, erosi dan penumpukan sedimentasi pada sungai.

ArcSWAT 2012 adalah salah satu alat bantu tambahan pada ArcGIS yang membantu menentukan perhitungan limpasan permukaan, erosi dan hasil sedimen dengan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) dan perangkat lunak ArcMap 10.1 ArcGIS.

Digital Elevation Model (DEM) dengan menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.1 memberikan kemudahan dalam melakukan pengolahan data dan analisa spasial kondisi fisik di bagian Hulu DAS Ciliwung. Dengan mengetahui kondisi fisik di DAS Ciliwung berpengaruh nantinya dapat ditentukan untuk melakukan perhitungan besarnya erosi, hasil sedimen, indeks bahaya erosi, tingkat kekritisian lahan, dan arahan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (ARLKT).

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah: (1) mengetahui besarnya limpasan, laju erosi dan sedimentasi yang terjadi pada bagian hulu DAS Ciliwung (2) mengetahui kondisi indeks bahaya erosi beserta tingkat kekritisian lahan pada bagian hulu DAS Ciliwung (3) mengetahui arahan penggunaan lahan baru (skenario) dan penentuan titik – titik lokasi *checkdam* serta perkiraan sedimen yang dapat tertampung pada bagian hulu DAS Ciliwung.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang dipilih untuk melakukan permodelan dilakukan pada bagian Hulu DAS Ciliwung. Secara administratif DAS Ciliwung Hulu terletak pada posisi 106°50' – 107°0' BT dan 6°37' – 6°46'. DAS Ciliwung Hulu mencakup areal seluas 151 km² (38% dari total luas DAS Ciliwung).

Tahap-tahap Pengerjaan Studi

1. Mengumpulkan data dan hasil survey pada lokasi studi. (data curah hujan harian, data debit AWLR dan peta *digital* (tata guna lahan dan jenis tanah)
2. Pengujian data curah hujan dengan uji konsistensi, ketidakadaan trend, stasioner, persistensi dan inlier – outlier)
3. Mempersiapkan data *input* dengan menyesuaikan format pada *ArcSWAT 2012*. (merubah data digital *shapefile* menjadi *raster*)
4. Menjalankan tahapan pada *ArcSWAT 2012*. Diantaranya:
 - a. *Automatic Watershed Delineation*
 - b. *HRU Analysis*
 - c. *Write Input Tables*
 - d. *Edit SWAT Input*
 - e. *SWAT Simulation*
5. Melakukan kalibrasi model untuk menentukan nilai parameter – parameter yang sesuai dengan kondisi lapangan. (Suhartanto, 2008, p.81)
6. Pengujian keandalan model hasil simulasi *ArcSWAT 2012* menggunakan pendekatan *Nash-Sutcliffe* (NSE)
7. Penentuan Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan klasifikasi kekritisian lahan (eksisting).
8. Pembuatan arahan fungsi kawasan dan penggunaan lahan yang baru (skenario).
9. Penentuan Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan klasifikasi kekritisian lahan (skenario).
10. Membandingkan efektivitas tata guna lahan (eksisting) dan tata guna lahan skenario

11. Penentuan lokasi rencana pembuatan *checkdam* dan efektivitas tampungannya berdasarkan kondisi eksisting.
12. Menyimpulkan hasil usaha konservasi dengan melakukan perbandingan hasil limpasan permukaan, erosi dan sedimentasi pada kondisi eksisting dengan arahan penggunaan lahan baru (skenario) dan *checkdam* dengan kurun waktu tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data Hujan

Analisa Hidrologi dengan uji konsistensi yang digunakan pada studi ini dengan metode kurva massa ganda. Uji konsistensi dilakukan dengan bantuan perbandingan sudut *arctan* dari komulatif stasiun dan komulatif stasiun pembanding. Hasil uji konsistensi pada 4 stasiun penakar hujan (Citeko, Gadog, Gunungmas dan Katulampa) yang ada pada bagian Hulu DAS Ciliwung menunjukkan hasil konsisten setelah dilakukan analisa dengan kurva massa ganda. Gambar 1. merupakan hasil uji konsistensi stasiun Citeko. dalam kurva massa ganda.

Uji Statistik Data Curah Hujan

Data hujan yang sudah melewati uji konsistensi belum sepenuhnya dapat digunakan, oleh sebab itu harus melalui uji – uji statistik terlebih dahulu. Uji statistik yang digunakan diantaranya Uji Ketidakadaan Trend (Metode Spearmann), Uji Stasioner (Uji-F dan Uji-t), Uji Persistensi (Metode Spearmann) dan Uji Abnormalitas dengan metode *Inlier – Outlier* (Soewarno, 1995). Hasil data hujan yang telah di koreksi dengan uji konsistensi menunjukkan hasil dari keempat uji statistik yang dilakukan pada 4 stasiun pada bagian Hulu DAS Ciliwung dapat diterima. Tabel berikut merupakan hasil rekapitulasi uji statistik yang dilakukan pada bagian Hulu DAS Ciliwung.

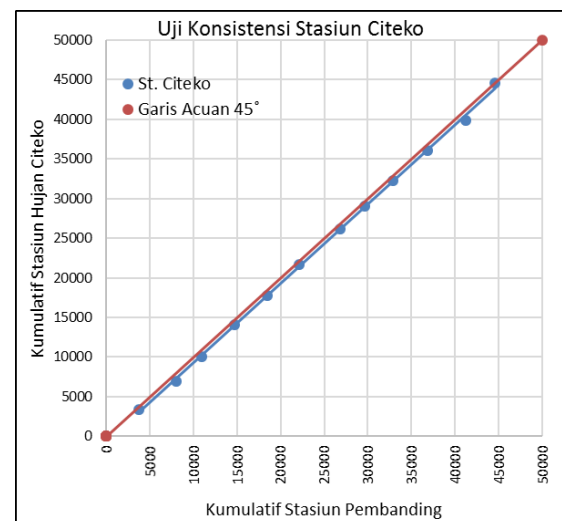
Analisis Luas Daerah Pengaruh dengan Metode Polyghon Thiessen

Bagian Hulu DAS Ciliwung yang memiliki luasan 151 km² dengan 4 stasin hujan tersebar didalamnya. Oleh karena itu dalam studi ini dipilih *polygon thiessen* untuk mencari luasan daerah pengaruhnya (Soemarto, 1995, p.10). luas pengaruh setiap stasiun hujan nantinya akan digunakan untuk arahan fungsi kawasan. Tabel 3. merupakan luasan daerah pengaruh stasiun hujan pada bagian Hulu DAS Ciliwung dengan metode Poligon Thiessen. Dan Gambar 2. merupakan sebaran stasiun hujan di DAS Ciliwung Hulu.

Tabel 1. Pengaruh luasan metode Poligon Thiessen

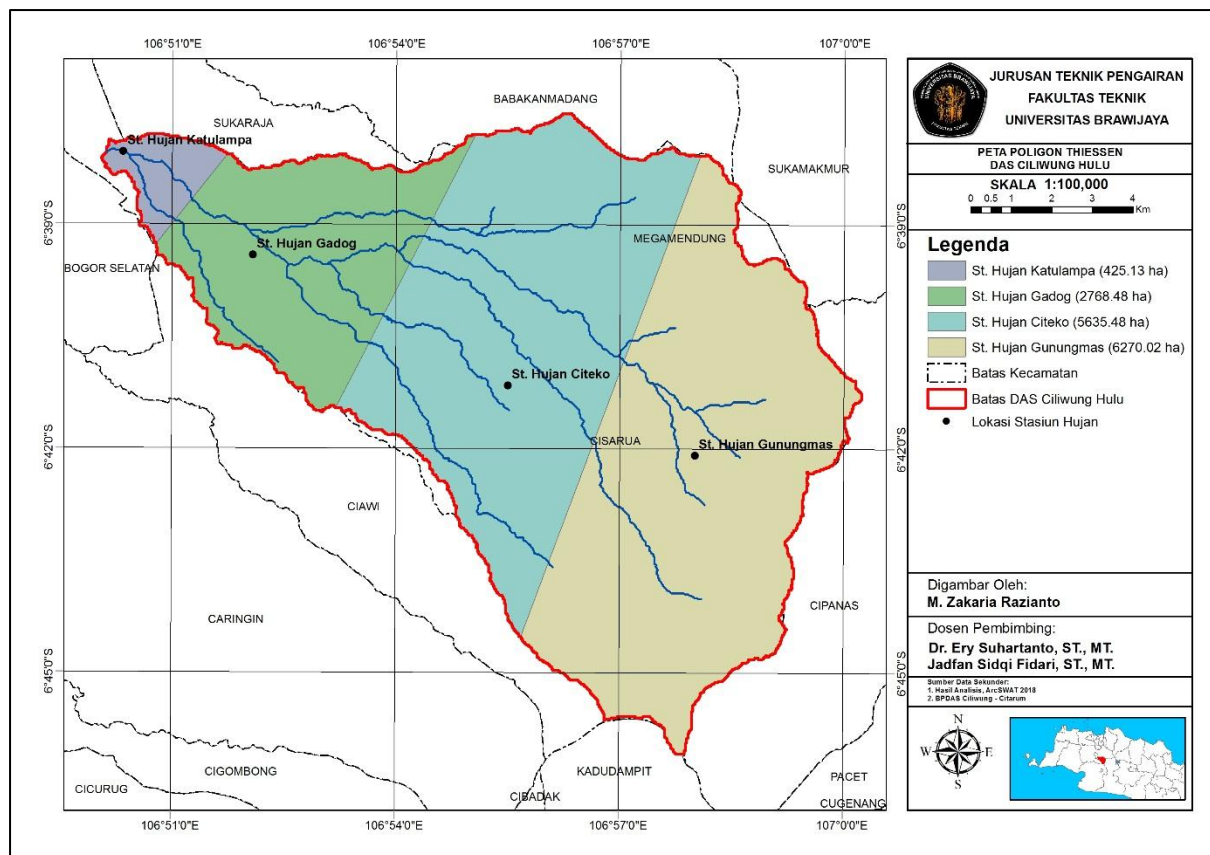
Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Kr
Citeko	56.4	0.4
Gadog	27.7	0.2
Gunungmas	62.7	0.4
Katulampa	4.3	0.0
Jumlah	151.0	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 1. Uji Konsistensi Stasiun Citeko

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 2. Peta Polygon Thiessen DAS Ciliwung Hulu

Sumber : Hasil Analisis ArcMap,2018

Tabel 2. Rekapitulasi Uji Statistik data curah hujan DAS Ciliwung Hulu

Stasiun Hujan	Ketidakadaan Trend	Kesimpulan Uji Statistika Hidrologi				
		Stasioner		Persistensi	Inlier - Outlier	
		Uji - F	Uji - t		X_H	X_L
Citeko	di terima	di terima	di terima	di terima	diterima	diterima
Gadog	di terima	di terima	di terima	di terima	diterima	diterima
Gunungmas	di terima	di terima	di terima	di terima	diterima	diterima
Katulampa	di terima	di terima	di terima	di terima	diterima	diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Uji ketidakadaan trend dengan nilai t tabel 2.228 dan nilai t hitungnya < 2.228 , maka data menunjukkan tidak ada trend. Sedangkan Uji-F dengan F tabel 5.05 dan F hitung < 5.05 sedangkan Uji-t dengan t tabel 2,228 dan t hitung < 2.228 maka varian data stasioner. Uji persistensi dengan nilai t_{cr} 2.5% 2.228 dan t hitung < 2.228 sedangkan t_{cr} 5% 1.812 dan t hitung < 1.812 maka data bersifat independen. Uji inlier – outlier dengan data setiap stasiun diantara X_H dan X_L maka data dapat diterima. Data hujan setelah koreksi yang sudah melalui uji statistik dapat digunakan untuk simulasi.

Hasil simulasi debit sebelum kalibrasi

Simulasi model yang pertama dilakukan adalah tanpa mengubah parameter yang terdapat dalam ArcSWAT. Parameter – parameter tersebut dibiarkan dalam kondisi seperti semula untuk menguji keandalan antar hasil di model dan di lapangan. Jika tidak sesuai maka akan dilakukan pendekatan evaluasi akurasi dari model dengan teori *Nash-Sutcliffe* (NSE) (Nash; Sutcliffe, 1970) dan kalibrasi debit untuk mendapatkan parameter yang sesuai pada bagian Hulu DAS Ciliwung. Tabel 3. menunjukkan perbandingan debit model dan

debit lapangan sebelum kalibrasi tahun 2007, gambar 3. dan 4. menunjukkan hasil R^2 sebesar 0.776 pada grafik hasil simulasi debit ArcSWAT 2012 sebelum kalibrasi tahun 2007, untuk nilai NSE sebesar 0.31 (tidak memuaskan) oleh sebab itu perlu dilakukan kalibrasi parameter pada model ArcSWAT 2012.

Kalibrasi Parameter Model

Model SWAT mempunyai berbagai kelebihan karena mampu mengintegrasikan antar proses-proses hidrologi, berbasis data spasial, proses yang kontinyu dan dapat dikombinasikan dengan berbagai skenario perubahan lahan dan manajemen DAS. Sebelum program SWAT dapat diterima dan dapat diaplikasikan, diperlukan kalibrasi parameter yang sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Dalam studi ini untuk merubah parameter menggunakan *Calibration Helper* dan *Edit Subbasin Data Input* pada model ArcSWAT 2012. Tabel 4. menunjukan nilai parameter kalibrasi yang perlu dirubah sesuai kondisi lapangan.

Hasil simulasi debit setelah kalibrasi

Setelah menemukan parameter yang sesuai dengan keadaan DAS. Kalibrasi parameter memberikan perubahan yang cukup signifikan terhadap perubahan debit model. Debit model yang dihasilkan secara umum sudah mendekati debit kontrol dengan nilai R^2 0.85. Tabel 5. menunjukan hasil simulasi setelah kalibrasi tahun 2007 dan gambar 5. dan 6. Menunjukkan grafik debit model terhadap debit lapangan setelah kalibrasi tahun 2007. Hasil simulasi yang sudah dilakukan kalibrasi parameter perlu kembali dengan metode NSE.

Pengujian hasil simulasi ArcSWAT

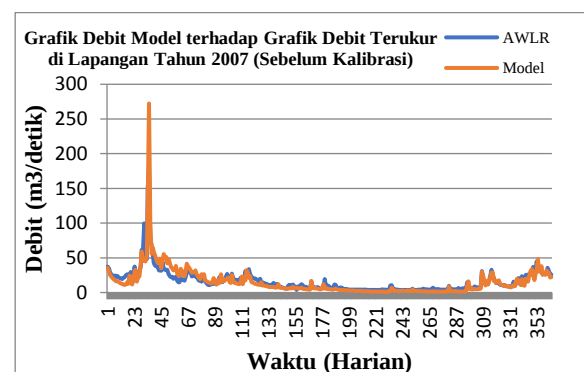
Data debit model dengan debit AWLR akan dilakukan pengujian untuk melihat apakah debit model memiliki keakuratan yang baik. Pengujian ini akan dilakukan dengan metode *Nash-Sutcliffe* Dari hasil pengujian *Nash-*

Sutcliffe diperoleh nilai NSE 0,76 pada tahun 2007, 0.80 pada tahun 2011, 0.80 pada tahun 2013, 0.76 pada tahun 2014 dan 0,75 pada tahun 2015. Dari hasil pengujian tersebut maka dapat dipastikan bahwa hasil simulasi setelah kalibrasi dapat dijadikan dasar dalam menentukan besarnya limpasan, erosi dan sedimentasi yang terjadi pada bagian Hulu DAS Ciliwung.

Tabel 3.Perbandingan debit model dan debit lapangan sebelum kalibrasi tahun 2007

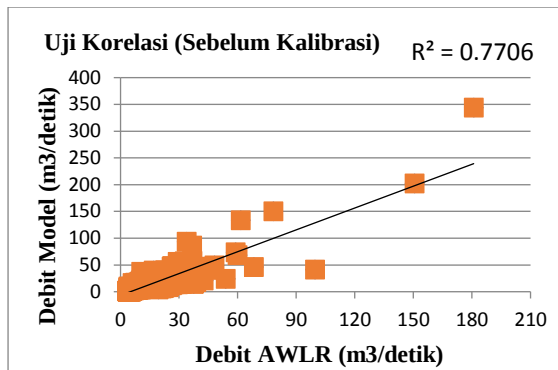
Tanggal	Debit Harian		KR(%) Q_{Model} terhadap Q_{AWLR}	NSE (%)
	AWLR	Model		
01/01/07	37.6	24.33	35.2	0.31
02/01/07	34.8	18.2	47.7	
03/01/07	29.5	13.75	53.3	
04/01/07	26.3	11.88	54.8	
05/01/07	23.9	10.46	56.2	
06/01/07	24.2	9.393	61.1	
07/01/07	24.5	8.575	64.9	
08/01/07	22.6	7.942	64.8	
09/01/07	24.1	9.073	62.3	
10/01/07	21.7	9.364	56.9	
...	...	...	...	
31/12/07	26.0	22.1	15.3	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 3.Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2007

Sumber : Hasil Analisis, 2018



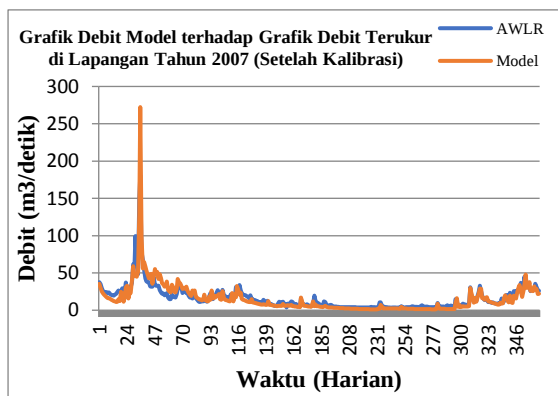
Gambar 4. Grafik korelasi hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2007

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 4. Nilai kalibrasi parameter model pada bagian Hulu DAS Ciliwung

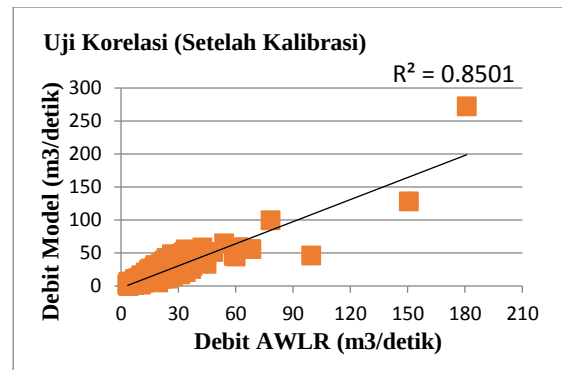
Parameter Kode	Rentang		Nilai Terpilih
	Min	Max	
CH_K2	-0.01	500	128
CH_N2	-0.01	0.3	0.05
ALPHA_BNK	0	1	0.13
GW_DELAY	0	500	30
ALPHA_BF	0	1	0.9
GWQMIN	0	7500	5500
SHALLST	0	7500	5000
DEEPST	0	10000	7500
REVAPMN	0	1000	0.02
ESCO	0	1	0.85
EPCO	0	1	0.2

Sumber : Zuma, Kajian Simulasi Penerapan Boretensi Ciliwung Hulu, 2017.



Gambar 5. Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi tahun 2007

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 6. Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi tahun 2007

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 5. Perbandingan debit model dan debit lapangan setelah kalibrasi tahun 2007

Tanggal	Debit Harian		KR(%) QModel terhadap QAWLR	NSE (%)
	AWLR	Model		
01/01/07	37.6	35.6	5.2	0.76
02/01/07	34.8	29.8	14.4	
03/01/07	29.5	25.28	14.2	
04/01/07	26.3	22.94	12.7	
05/01/07	23.9	20.89	12.5	
06/01/07	24.2	19.14	20.8	
07/01/07	24.5	17.6	28.0	
08/01/07	22.6	16.22	28.1	
09/01/07	24.1	16.14	32.9	
10/01/07	21.7	15.3	29.6	
...	...	...	...	
31/12/07	26.0	22.1	15.3	

Sumber: Hasil Analisis, 2018.

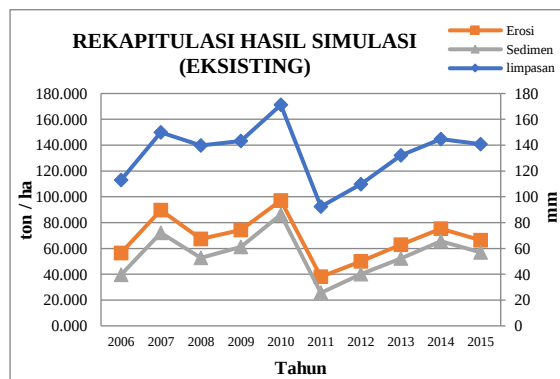
Hasil Limpasan, erosi, dan sedimentasi

Setelah pengujian dilakukan, proses selanjutnya adalah merekap hasil limpasan, erosi dan sedimen setiap tahunnya. Tabel 6. Merupakan hasil rekap limpasan limpasan, erosi dan sedimentasi sesudah kalibrasi, gambar 7. Merupakan grafik rekap limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi (Eksisting). Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa ada perubahan limpasan, erosi dan sedimentasi pada DAS Ciliwung Hulu setiap tahunnya.

Tabel 6.Rekapitulasi Limpasan, Erosi dan Sedimen setelah kalibrasi (eksisting)

Tahun	Erosi (ton/ha)	Sedimen (ton/ha)	Limpasan (mm)
2006	56.340	39.694	113.088
2007	89.780	72.139	149.955
2008	67.468	52.602	139.734
2009	74.225	61.200	143.193
2010	97.177	86.271	171.218
2011	37.973	25.569	92.390
2012	49.897	40.013	109.731
2013	62.960	52.219	132.154
2014	75.319	65.683	144.671
2015	66.278	57.025	140.842

Sumber: Hasil Analisis, 2018



Gambar 7.Grafik rekapitulasi limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi (Eksisting)

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Analisis Kekrtitisan Lahan (Eksisting)

Analisa Tingkat Kekritisan Lahan ditentukan dengan Indeks Bahaya Erosi (IBE). Dari hasil perhitungan IBE pada kondisi eksisting DAS Ciliwung Hulu didapatkan 3 kategori, diantaranya semi kritis (6.13%) , kritis (57.37%) dan super kritis (36.50%) dari total luas DAS Ciliwung Hulu seluas 15099.12 ha. Tabel 13. Tingkat kekritisan lahan dan Gambar 8. Menunjukkan Peta Tingkat Kekritisan Lahan pada DAS Ciliwung Hulu.

Arahan Fungsi Kawasan

Berdasarkan hasil analisa Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan Kekritisan Lahan yang menunjukkan bahwa DAS Ciliwung Hulu dalam kondisi mayoritas berat (sangat peka) terhadap erosi, maka diperlukan metode arahan fungsi kawasan pada DAS Ciliwung Hulu. Arahan fungsi kawasan ditetapkan berdasarkan kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung dan hutan produksi yang berkaitan dengan karakter fisik DAS. Tabel 7 – 10. menjelaskan klasifikasi skoring dan contoh arahan RLKT. Hasil dari peta arahan fungsi kawasan (Gambar 9). Menunjukkan pada DAS Ciliwung Hulu pada kawasan budidaya seluas 4293.5 ha (28.4% luas DAS), kawasan penyangga seluas 2124.3 ha (14% luas DAS) dan kawasan lindung seluas 8681.2 ha (57.5% luas DAS).

Tabel 7.Klasifikasi Kemiringan Lereng

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

Sumber: Asdak, (2010, p.414)

Tabel 8.Klasifikasi Rerata Curah Hujan Harian

Intensitas Hujan (mm/hari)	Nilai (Skor)	Keterangan
Kelas 1 $\leq 13,6$	10	sangat rendah
Kelas 2 13,6 - 20,7	20	rendah
Kelas 3 20,7 - 27,7	30	sedang
Kelas 4 27,7 - 34,8	4	tinggi
Kelas 5 $\geq 34,8$	50	sangat tinggi

Sumber: Asdak, (2010, p.414)

Tabel 9.Klasifikasi Jenis Tanah

	Jenis Tanah	Nilai (Skor)	Keterangan
Kelas 1	Aluvial, planosol, Laterik Hidromorf Kelabu	15	Tidak Peka
Kelas 2	Latosol	30	Agak Peka
Kelas 3	Tanah hutan coklat, tanah medeteran	45	Kepekaan Sedang
Kelas 4	Andosol, Laterik, Grumosol, Podsol, Podsolik	60	Peka
Kelas 5	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	75	Sangat Peka

Sumber: Asdak, (2010, p.414)

Tabel 10.Contoh Arahan RLKT untuk masing – masing Kawasan

Kawasan	Alternatif Kegiatan	
	Vegetatif	Mekanik
Lindung	Reboisasi Hutan rakyat	- Dam
	Perlindungan sungai Mata air, Jurang, dll.	pengendali/penahan Trucuk (drop structure)
Penyangga	Reboisasi, Hutan campuran, Hutan rakyat, Perkebunan	- Dam pengendali/penahan Trucuk (drop structure) teras, saluran air
		- Drainase
Budidaya Tahunan	Pohon penyekat api, Reboisasi, Perkebunan, Hutan rakyat	Dam pengendali/ penahan trucuk, teras, saluran pembuangan
	<i>Agroforestry</i> , Tanaman dalam jalur,	- Dam pengendali/ penahan
Budidaya Musiman	Tanaman dalam kontur,	trucuk, teras, saluran pembuangan
	Tanaman campuran.	

Sumber: Asdak, (2010, p.419)

Analisis Peta Tata Guna Lahan Baru (Skenario)

Pembuatan tata guna lahan baru (skenario) dibuat berdasarkan contoh arahan fungsi kawasan terhadap masing – masing kawasan pada DAS Ciliwung Hulu. Terdapat perubahan berdasarkan contoh arahan RLKT untuk masing – masing kawasan yaitu pada kawasan lindung dari tata guna lahan pertanian lahan kering menjadi hutan dan untuk kawasan penyangga dan budidaya dengan mayoritas pertanian lahan kering dan lahan kering sekunder dirubah menjadi perkebunan dan sawah.

Peta tata guna lahan baru (skenario) yang sudah dirancang disimulasikan kembali dengan model ArcSWAT 2012. Hasil dari simulasi menunjukkan adanya penurunan pada limpasan, erosi dan sedimentasi pada DAS Ciliwung Hulu.

Tabel 13 – 15. menunjukkan penurunan setiap tahun pada limpasan, erosi dan sedimentasi. Gambar 10. Menunjukkan grafik limpasan, erosi dan sedimen berdasarkan tata guna lahan baru dan Gambar 11. Menampilkan peta tata guna lahan baru (skenario).

Tata guna lahan baru (skenario) yang sudah dirancang perlu dilakukan perhitungan kembali untuk dapat melihat perubahan tingkat kekritisn lahan yang terjadi dengan metode Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan tingkat kekritisn lahan.

Analisa Kekritisn Lahan (Skenario)

Analisis kekritisn lahan berdasarkan rekomendasi perlu dilakukan untuk melihat seberapa besarnya pegaruh dari pembuatan peta tata guna lahan baru. Berdasarkan nilai Indeks Bahaya Erosi (IBE) yang sudah dihitung menunjukkan penurunan pada tingkat kekritisn lahan. Tabel 12. Menunjukkan hasil tingkat kekritisn lahan DAS Ciliwung Hulu (Skenario), Tabel 16. menunjukkan penurunan tingkat kekritisn lahan dan Gambar 12. Menampilkan peta kekritisn lahan yang terjadi pada DAS Ciliwung Hulu terhadap tata guna lahan (eksisting) dan tata guna lahan baru (skenario).

Tabel 11.Tingkat Kekritisn Lahan DAS Ciliwung Hulu (Eksisting)

Nilai IBE	Tingkat Kekritisn Lahan	Jumlah (Ha)	Persentase (%)
< 1.0	Potensial Kritis	0	0
1.01 - 4.00	Semi Kritis	925.74	6.13
4.01 - 10.00	Kritis	8662.5	57.37
> 10.01	Super Kritis	5510.88	36.5
Total		15099.12	100

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 12.Tingkat Kekritisan Lahan DAS Ciliwung Hulu (Skenario)

Nilai IBE	Tingkat Kekritisan Lahan	Jumlah (Ha)	Persentase (%)
< 1.0	Potensial Kritis	525.69	3.48
1.01 - 4.00	Semi Kritis	6271.56	41.54
4.01 - 10.00	Kritis	5837.67	38.66
> 10.01	Super Kritis	2464.20	16.32
Total		15099.12	100

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 13.Perbandingan Hasil Potensi Limpasan

Tahun	Luas DAS (ha)	Limpasan		Selisih (%)
		Eksisting	Skenario	
		(ton/ha/tahun)	(ton/ha/tahun)	
2006	15099.12	113.088	102.106	9.712
2007		149.955	134.063	10.598
2008		139.734	138.612	0.803
2009		143.193	137.221	4.171
2010		171.218	163.232	4.664
2011		92.390	83.876	9.216
2012		109.731	94.807	13.600
2013		132.154	117.535	11.062
2014		144.671	122.489	15.333
2015		140.842	97.874	30.508

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 14. Perbandingan Hasil Potensi Erosi

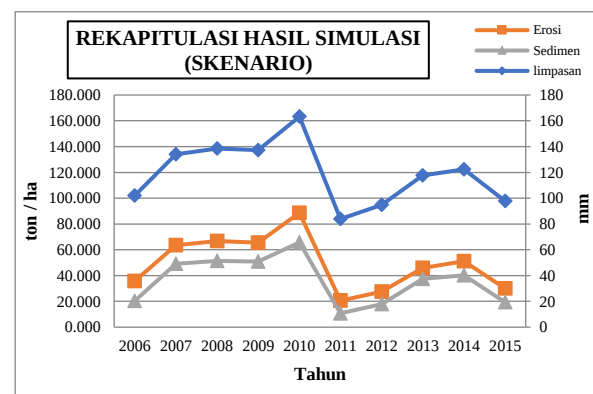
Tahun	Luas DAS (ha)	Erosi		Selisih (%)
		Eksisting	Skenario	
		(mm/tahun)	(mm/tahun)	
2006	15099.12	56.340	35.810	36.439
2007		89.780	63.448	29.329
2008		67.468	66.805	0.983
2009		74.225	65.554	11.682
2010		97.177	88.643	8.782
2011		37.973	20.560	45.856
2012		49.897	27.476	44.934
2013		62.960	45.910	27.080
2014		75.319	51.037	32.240
2015		66.278	30.031	54.689

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 15.Perbandingan Hasil Potensi Sedimen

Tahun	Luas DAS (ha)	Sedimen		Selisih (%)
		Eksisting	Skenario	
		(ton/ha/tahun)	(ton/ha/tahun)	
2006	15099.12	39.694	20.436	48.516
2007		72.139	49.156	31.860
2008		52.602	51.388	2.308
2009		61.200	50.881	16.861
2010		86.271	65.719	23.823
2011		25.569	10.760	57.918
2012		40.013	17.784	55.554
2013		52.219	37.487	28.212
2014		65.683	40.110	38.934
2015		57.025	19.314	66.130

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 10. Grafik Rekapitulasi limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi (Skenario)

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 16.Selisih Tingkat Kekritisan Lahan Eksisting dan Skenario

No	Tingkat Kekritisan Lahan	Tata Guna Lahan		Selisih (%)
		Eksisting (%)	Skenario (%)	
1	Potensial Kritis	0	3.48	+ 3.48
2	Semi Kritis	6.13	41.54	+ 35.41
3	Kritis	57.37	38.66	- 18.71
4	Super Kritis	36.50	16.32	- 20.18

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Penentuan Lokasi *Checkdam*

Usaha konservasi *checkdam* dalam studi ini mencakup dua hal diantaranya ialah penentuan lokasi dan perhitungan volume serta efisiensi tampungan. Tabel 17. menjadi dasar untuk menentukan titik *checkdam*.

Tahap selanjutnya melakukan survey lapangan dan bantuan aplikasi *Google Earth Pro* untuk mendapatkan dimensi saluran pada *outlet* subDAS. Gambar 13 dan 14. merupakan hasil dokumentasi dan peta penentuan lokasi pada bagian Hulu DAS Ciliwung. Tabel 18. merupakan rekapitulasi dimensi saluran pada lokasi perencanaan *checkdam*.

Tabel 17. Tingkat Kekritisan Lahan DAS Ciliwung Hulu (Eksisting) berdasarkan SubDAS

Sub DAS	Luas Area (Ha)	IBE	Predikat
1	93.24	3.22	Semi Kritis
2	599.49	7.96	Kritis
3	974.07	7.79	Kritis
4	479.97	7.04	Kritis
5	1063.53	10.46	Super Kritis
6	112.59	6.96	Kritis
7	261.45	6.67	Kritis
8	74.61	7.67	Kritis
9	160.20	13.78	Super Kritis
10	357.84	17.63	Super Kritis
11	1816.92	10.00	Kritis
12	400.05	3.00	Semi Kritis
13	1256.22	5.90	Kritis
14	432.45	3.06	Semi Kritis
15	804.78	27.45	Super Kritis
16	342.00	6.21	Kritis
17	478.80	4.33	Kritis
18	805.14	18.99	Super Kritis
19	659.97	10.26	Super Kritis
20	1659.42	24.28	Super Kritis
21	2266.38	7.69	Kritis

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 13. Hasil Survey Lapangan SubDAS
Sumber : Hasil Survey, 2018

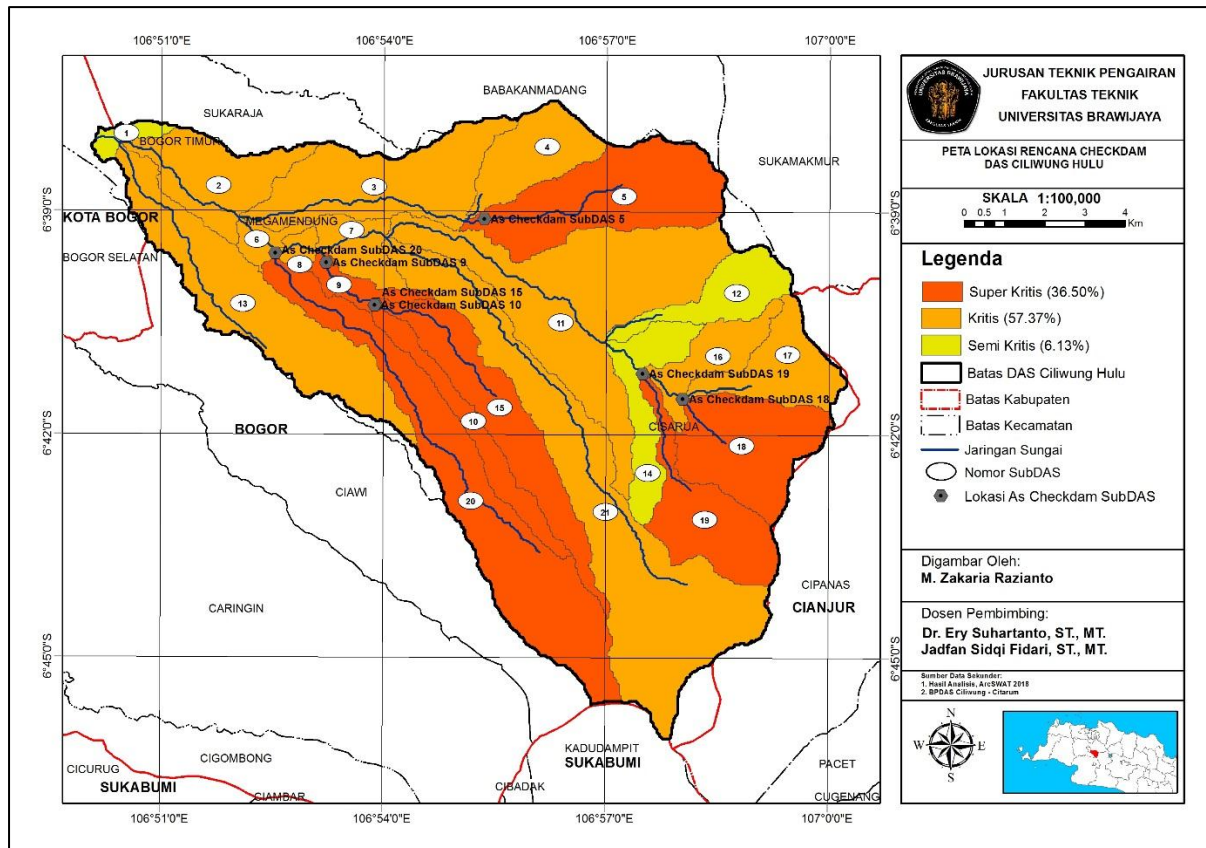
Tabel 18. Tingkat Kekritisan Lahan DAS Ciliwung Hulu (Eksisting) berdasarkan SubDAS

No	SubDAS	Tinggi rencana As Bendung (H) (m)	Lebar Sungai (B) (m)	Slope
1	5	5	20	0.049
2	9	5	10	0.033
3	10	4	12	0.065
4	15	5	12	0.051
5	18	5	14	0.077
6	19	5	25	0.047
7	20	5	12	0.056

Sumber : Hasil Survey, 2018

Perhitungan Volume dan Efisiensi Tampungan *Checkdam*

Perhitungan volume dan efisiensi tampungan pada studi hanya membahas sebatas perkiraan volume sedimen (m^3) yang dapat di tampung oleh bangunan *checkdam* dalam jangka waktu tertentu Berdasarkan Pd T – 12 – 2004 – A tentang perencanaan teknis bendung pengendali dasar sungai dan SNI 2851 – tentang Bangunan Penahan Sedimen tahun 2015. Tabel 19 dan 20. menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan volume dan efisiensi tampungan.



Gambar 14. Peta Lokasi Bangunan Pengendali Sedimen (*Checkdam*) DAS Ciliwung Hulu

Sumber : Hasil Analisis ArcMap, 2018

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Volume Tampungan *Checkdam* DAS Ciliwung Hulu

No	SubDAS	Istatis	Idinamis	Lstatis (m ²)	Ldinamis (m ²)	Vstatis (m ³)	Vtotal (m ³)	Vcheckdam (m ³)
1	5	0.0243	0.0324	206	309	10300	15450	5150
2	9	0.0167	0.0222	300	450	7500	11250	3750
3	10	0.0325	0.0433	123.2	184.8	2956.8	4435.2	1478.4
4	15	0.0257	0.0343	194.2	291.3	5826	8739	2913
5	18	0.0385	0.0513	130	195	4550	6825	2275
6	19	0.0234	0.0312	214	321	13375	20062.5	6687.5
7	20	0.0278	0.0371	179.6	269.4	5388	8082	2694

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 20. Rekapitulasi Effisiensi Tampungan *Checkdam* DAS Ciliwung Hulu

No	SubDAS	Luas DAS (km ³)	V _{checkdam} (m ³)	Volume Sedimen (m ³)	Efektivitas Tampungan (%)	Usia Guna (tahun)
1	5	10.6353	5150	87316.19	6%	1
2	9	1.602	3750	15060.59	25%	1
3	10	3.5784	1478	27136.60	5%	1
4	15	8.0478	2913	84472.38	3%	1
5	18	8.0514	2275	108076.30	2%	1
6	19	6.5997	6688	32912.19	20%	1
7	20	16.5942	3592	141353.95	3%	1

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diperoleh antara lain sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan bantuan model ArcSWAT 2012 dalam aplikasi ArcMap 10.1 didapatkan hasil kondisi (eksisting) sebagai berikut:
 - Rata – rata limpasan : 140.84 mm
 - Rata – rata laju erosi : 66.28 ton/ha
 - Rata – rata sedimen : 43153.41 m³
2. Berdasarkan hasil simulasi laju erosi eksisting, dengan menggunakan persamaan Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan Tingkat Kekritisan Lahan dengan luas total DAS 15099.12 ha, didapatkan 3 kriteria dengan tingkat kekritisan lahan sebagai berikut:
 - Semi Kritis : 925.74 ha
 - Kritis : 8662.50 ha
 - Super Kritis : 5510.88 ha
3. Berdasarkan peta arahan fungsi kawasan menunjukkan bahwa pada DAS Ciliwung terdapat 3 kawasan, diantaranya kawasan budidaya seluas 4293.5 ha (28.4% luas DAS), kawasan penyangga seluas 2124.3 ha (14% luas DAS) dan kawasan lindung seluas 8681.2 ha (57.5% luas DAS). Usaha konservasi yang dilakukan menggunakan dua metode yaitu arahan penggunaan lahan baru (skenario) dan bangunan pengendali sedimen (*checkdam*). Efektivitas usaha konservasi dibagi dalam dua periode. Periode I (± 15 tahun) dengan usaha konservasi arahan penggunaan lahan dan periode II (± 1 tahun) dengan usaha konservasi arahan penggunaan lahan dikombinasikan dengan bangunan pengendali sedimen (*checkdam*).
 - a. Periode I (±15 tahun)
 - Rata – rata Limpasan : 97.87 (menurun 30.51%)
 - Rata – rata Laju Erosi : 30.03 ton/ha (menurun 54.69%)
 - Rata – rata volume sedimen : 14944.05 m³ (menurun 65.37 %)

b. Periode II (±1 tahun)

- Arahan Penggunaan Lahan Baru : 1914.7 m³ (menurun 4.36%)
- Bangunan *checkdam* : 3692.27 m³ (menurun 8.56%)

Berdasarkan hasil simulasi laju erosi skenario, dengan menggunakan persamaan Indeks Bahaya Erosi (IBE) dan Tingkat Kekritisan Lahan dengan luas total DAS 15099.12 ha, didapatkan 4 kriteria dengan tingkat kekritisan lahan sebagai berikut:

Potensial Kritis : 525.69 ha
Semi Kritis : 6271.56 ha
Kritis : 5837.57 ha
Super Kritis : 2464.20 ha

Dari hasil simulasi model ArcSWAT 2012 pada penggunaan lahan baru (skenario) dengan persamaan Indeks Bahaya Erosi didapatkan penurunan pada kriteria tinggi dan sangat tinggi dalam kurun waktu 15 tahun. usaha konservasi bangunan pengendali sedimen (*checkdam*) menghasilkan efektivitas lebih besar dibanding dengan arahan penggunaan lahan baru (skenario) dalam kurun waktu 1 tahun. apabila usaha konservasi dengan dua metode tersebut dilakukan dengan baik dan bertahap (untuk *checkdam*) akan dapat mengurangi sedimentasi pada sungai, sehingga pemanfaatan air dapat digunakan dengan optimal bagi masyarakat.

Saran

Melihat kondisi dan permasalahan yang terjadi maka dapat diberikan beberapa saran antara lain :

1. Untuk mengurangi laju erosi yang terjadi pada DAS serta untuk mencegah bertambah parahnya kondisi DAS pada masa yang akan datang maka diperlukan upaya pengendalian erosi lahan berupa penataan kawasan DAS dimana pengendalian erosi dapat dilakukan secara teknis/struktur maupun non teknis.

2. Untuk dapat menanggulangi penumpukan sedimen dapat merencanakan bangunan pengendali sedimen (*checkdam*) dibarengi dengan perbaikan tata guna lahan yang ada untuk mencegah terjadinya penumpukan sedimen yang terlalu besar pada bagian hilir DAS dan menjaga kelestarian ekosistem yang ada pada DAS Ciliwung Hulu.
3. Perlu dilakukan penataan serta rencana pembangunan daerah kota yang berbasis pada konservasi tanah dan air sehingga kelestarian tanah dan air dapat terjaga.
4. *Software* ArcSWAT mempermudah penggunaan dalam melakukan permodelan yang terjadi pada suatu DAS. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya:
 - a. Menyesuaikan versi pada *software* ArcMap ArcGIS dengan model ArcSWAT 2012.
 - b. Sususnan *input data* ArcSWAT dalam suatu *file input data* dalam format (.dbf) harus benar sesuai dengan format *database* agar dapat dikenali *program* dan dapat berjalan sebagaimana mestinya.
 - c. Penyimpanan file – file *input data* ArcSWAT ini sebaiknya ditata dengan baik agar tidak membingungkan pada saat pemanggilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Suhartanto, E. 2008. *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang; CV Asrori.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor.
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung; Penerbit Nova.
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik*, Jakarta ; Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 2851-2015 *tentang Disain Bangunan Penahan Sedimen*, diterbitkan di Jakarta.
- Kepmen-Permukiman dan Prasarana Wilayah, 360/KPTS/M/2004, *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai – Pd T-12-2004-A*, diterbitkan di Jakarta.
- Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. (1970). “*River flow forecasting through conceptual models part I – a discussion of principles*”. *Jurnal Hidrologi*