

ANALISIS PENGARUH TATA GUNA LAHAN TERHADAP LIMPASAN, EROSI, DAN SEDIMENTASI DI DAS COMAL KABUPATEN PEMALANG MENGGUNAKAN ARCSWAT

Gading Komala Pramesi¹, Ussy Andawayanti², Sebrian Mirdeklis Beselly Putra²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

Email: gading.pramesi@gmail.com

ABSTRAK

Bencana yang sering terjadi di DAS Comal adalah banjir dan tanah longsor, untuk menyelesaikan masalah-masalah yang terjadi pada DAS Comal diperlukan perencanaan pengelolaan dan usaha konservasi DAS yang sesuai untuk DAS Comal. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya limpasan, erosi, dan sedimentasi dengan melakukan simulasi model *ArcSWAT* akibat pengaruh tata guna lahan dan menentukan skenario tata guna lahan yang optimal untuk DAS Comal. Untuk mengetahui besarnya limpasan, erosi dan sedimentasi yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan adalah dengan menggunakan program *ArcSWAT* melalui 4 proses yaitu deliniasi DAS, pembentukan *Hydrological Response Unit* (HRU), pembuatan database dan simulasi model, serta proses visualisasi model. Hasil penelitian menunjukkan besarnya limpasan rata-rata 147,173 mm/tahun, erosi rata-rata 88,617 ton/ha/tahun dan sedimentasi rata-rata 9,380 ton/ha/th. Hasil ini menunjukkan DAS Comal termasuk dalam DAS yang tingkat kekritisannya kritis dengan kriteria 1,255 % sangat kritis, 46,591 % kritis, 16,140 semi kritis dan 36,014 potensial kritis. Dari peta tataguna lahan rekomendasi yang sudah dibuat, dengan mengubah tataguna lahan pertanian menjadi hutan (sesuai dengan fungsi kawasan DAS Comal). Hasil dari skenario pembuatan tataguna lahan rekomendasi menunjukkan penurunan terhadap laju limpasan sebesar 11,847 %, erosi sebesar 31,570 % dan sedimentasi sebesar 29,394 %.

Kata kunci : Perubahan tata guna lahan, *ArcSWAT*, Daerah Aliran Sungai, Limpasan, Erosi, Sedimentasi

ABSTRACT

The common disasters in Comal Watershed are floods and landslides, to solve the problems it is to look appropriate watershed management and conservation management plant. This study aims to calculate the magnitude of run-off, erosion, and sedimentation by utilizing ArcSWAT model. ArcSWAT program through 4 processes: watershed delineation, Hydrological Response Unit (HRU), database and model simulation, and model visualization process. The results showed an average runoff rate of 147.173 mm / year, average erosion of 88.617 ton / ha / year and sedimentation averaged 9.380 ton / ha / year. This result shows that this watershed is in critical land, with parameter very critical 1.255%, 46.591% critical, 16.140 semi critical and 36.014 critical potentials. That have been made by switch landuse of agricultural into forest (suitable with the function of the Comal Watershed area). The results show a decrease in runoff 11.847%, erosion 31.570% and sedimentation 29.394%.

Keywords: Land use changes, *ArcSWAT*, Watershed, Run off, Erosion, Sediment, and Runoff

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang

masih terpengaruh aktivitas daratan. (PP No 32 Tahun 2012)

Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia terus mengalami penurunan kualitas dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan oleh perubahan tataguna lahan, penambahan penduduk dan kurangnya kesadaran masyarakat akan lingkungan sekitarnya. Penurunan kualitas DAS

tersebut juga terjadi pada DAS Comal di Kabupaten Pematang Jaya.

Kerusakan yang terjadi pada DAS Comal meliputi laju degradasi lahan tidak sebanding dengan langkah-langkah rehabilitasi hutan dan lahan, tekanan ekonomi masyarakat terutama masyarakat pedesaan di sekitar kawasan hutan sebagian besar bertumpu pada pertanian (*illegal farming*) sehingga menyebabkan lambatnya upaya pemulihan penutupan lahan, menurunnya kualitas dan kuantitas air, banjir erosi maupun tanah longsor, masyarakat belum memahami sepenuhnya teknik rehabilitasi hutan dan lahan dan *Over populated*, baik di wilayah perkotaan maupun di wilayah pedesaan. (BPDAS Pemali Jiratun, 2016)

Seperti diketahui, permasalahan pada DAS Comal jika tidak dilakukan perbaikan maka akan mengakibatkan hilangnya sumber daya air yang potensial di masa yang akan datang. Oleh karena itu perlu adanya pengelolaan DAS secara bijaksana dengan memperhatikan daya dukung lahan (*land capability*) dan kesesuaian lahan (*land suitability*) berdasarkan kondisi karakteristik DAS Comal. Dari permasalahan di atas permodelan erosi menggunakan ArcSWAT dengan bantuan ArcGIS ini dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan DAS Comal.

Tujuan di lakukannya penelitian ini adalah: (1) Melakukan simulasi model untuk mendapatkan besarnya limpasan, erosi dan sedimen di DAS Comal (2) Menguji kesesuaian model dalam memprediksi limpasan, erosi dan sedimen di DAS Comal, (3) mengetahui tingkat kekritisan lahan di DAS Comal, dan (4) Menentukan skenario penggunaan lahan yang paling optimal dalam rangka menurunkan limpasan, erosi dan sedimentasi di DAS Comal.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang dipilih untuk melakukan permodelan dilakukan di DAS Comal. Secara administratif DAS Comal terletak di kabupaten Pematang Jaya. Secara

astronomis DAS Comal terletak antara 109°11'29" - 109°38'27" BT dan 06°46'09" - 07°14'41" LS. DAS Comal memiliki luas 79169,25 ha.

Tahap-tahap Pengerjaan Studi

1. Pengumpulan data dan survei ke lokasi studi.
2. Uji konsistensi curah hujan dengan kurva massa ganda
3. Pengujian data hujan dengan Uji Ketidak-adaan Trend (Korelasi peringkat metode Spearman), Uji Stasioner (Uji F dan Uji T) dan Uji Persistensi (Korelasi Peringkat Metode Spearman)
4. Analisis pengaruh daerah luas dengan metode polygon Thiessen
5. Mempersiapkan *database* (curah hujan, jenis tanah dan tataguna lahan) yang sesuai dengan format ArcSWAT.
6. Membuat daerah tangkapan air (*catchment area*) pada menu *watershed delineator*.
7. Pembentukan *HRU* (*Hydrologic Response Unit*)
8. Pendefinisian data iklim pada menu *write input tables*
9. Kalibrasi dan simulasi model
10. Pengujian hasil simulasi ArcSWAT menggunakan *Nash-Sutcliffe* (NSE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE)
11. Penentuan kekritisan lahan
12. Pembentukan tata guna lahan baru yang optimal untuk DAS Comal

LANDASAN TEORI

Uji Konsistensi

Uji konsistensi dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Kurva massa ganda dapat mengetahui apakah terjadi perubahan lingkungan atau perubahan cara menakar. Jika hasil uji menyatakan data hujan di suatu stasiun konsisten berarti pada daerah pengaruh stasiun tersebut tidak terjadi perubahan lingkungan dan tidak terjadi perubahan cara menakar selama pencatatan data tersebut dan sebaliknya (Limantara, 2010:46)

Uji Ketidak-adaaan Trend

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan *trend* atau pola. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam beberapa analisis hidrologi. (Soewarno, 1995:85). Dalam penelitian ini digunakan uji korelasi peringkat metode Spearman dengan rumus sebagai berikut :

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N dt^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

dengan :

- KP = Koefisien korelasi Spearman
- n = Jumlah data
- dt = Rt – Tt (Selisih RT dengan Tt)
- Tt = peringkat dari waktu
- Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala
- t = nilai distribusi t

Uji Stasioner

Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Uji kestabilan nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan uji-F, sedangkan uji kestabilan nilai rata-rata dapat dilakukan dengan Uji-t.

1. Uji kestabilan Varian (Uji-F)

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 (N_1 - 1)} \quad (3)$$

dengan:

- F = nilai hitung uji F
 - N₁ = jumlah data kelompok 1
 - N₂ = jumlah data kelompok 2
 - S₁ = standar deviasi data kelompok 1
 - S₂ = standar deviasi data kelompok 2
2. Uji Kestabilan Rata-rata (Uji-t)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{1/2}} \quad (4)$$

dengan:

t = nilai hitung uji t

\bar{X}_1 = nilai rata-rata data kelompok 1

\bar{X}_2 = nilai rata-rata data kelompok 2

Uji Persistensi

Persistensi merupakan ketidak tergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode untuk menentukan koefisien korelasi serial adalah dengan metode spearman. (Soewarno, 1995:99).

Curah Hujan Rata-rata Daerah (Poligon Thiessen)

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga buah stasiun hujan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap stasiun. (Triatmodjo, 2008:33)

Uji Keandalan Model

1. Nash Sutch-liffe (NSE)

Nash Sutchliffe koefisien efisiensi model digunakan untuk menilai kekuatan prediksi dari model hidrologi.

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \bar{Q}_0)^2} \quad (5)$$

Dimana Q_0^t adalah debit di lapangan, Q_m^t adalah debit model, dan \bar{Q}_0 adalah debit rata rata di lapangan. Efisiensi Nash-Sutchliffe dapat berkisar dari $-\infty$ ke 1.

2. Root Mean Square Error (RMSE)

Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*root mean square error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada

selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian. *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah ukuran yang sering digunakan dari perbedaan antara nilai nilai sampel dan nilai nilai populasi diprediksi oleh model atau estimator dan nilai nilai yang diamati. RMSE merupakan sampel standar deviasi dari perbedaan nilai prediksi dan nilai yang diamati.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_i - Y_i)^2} \quad (6)$$

Erosi

Erosi adalah akibat interaksi kerja antara faktor-faktor iklim, topografi, tumbuh tumbuhan (vegetasi), dan manusia terhadap tanah (Arsyad, 1989:102).

Penentuan erosi dalam studi ini menggunakan metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Metode MUSLE merupakan modifikasi dari USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Williams (1995)

Modified Universal Soil Loss Equation (Williams, 1995) adalah sebagai berikut (*SWAT Theoretical Documentation 2009, 2012 : 252*) :

$$sed = 11.8 \cdot (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0.56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot CFRG \quad (7)$$

dengan :

- sed = hasil sedimen per hari (ton)
- Qsurf = limpasan permukaan (mm/ha)
- qpeak = debit puncak limpasan (m³/dtk)
- areahru = luas hru (ha)
- K_{USLE} = faktor erodibilitas tanah USLE
- C_{USLE} = faktor Pengelolaan tanam USLE
- P_{USLE} = faktor konservasi tanah USLE
- LS_{USLE} = faktor topografi USLE
- CFRG = faktor pecahan batuan kasar

Limpasan Permukaan

Untuk menentukan volume limpasan permukaan dalam penelitian ini digunakan metode SCS (1972). Metode SCS adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan nilai abstraksi curah hujan. Metode ini berasumsi yang dapat digunakan untuk menentukan nilai abstraksi langsung

dengan simpanan air permukaan (*retention*) sama dengan rasio nilai limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potensial runoff*). (Chow,1988:147)

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (8)$$

dengan :

- Q_{surf} = Kedalaman hujan berlebih (mm)
- I_a = Abstraksi awal (*initial abstraction*)
- R_{day} = Kedalaman hujan harian (mm)
- S = Volume simpanan permukaan (mm)

Sedimen

Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. (Asdak,2004:392)

$$sed_{out} = sed_{ch} \cdot \frac{V_{out}}{V_{ch}} \quad (9)$$

dengan :

- sed_{out} = sedimen yang terangkut (ton)
- V_{out} = volume outflow (m³)
- V_{ch} = volume air di section sungai (m³)

Kekritisn Lahan

Dalam studi ini penentuan kekritisn lahan dapat dilihat dari IBE. Indeks Bahaya Erosi adalah perbandingan nilai erosi potensial dengan erosi yang dapat ditoleransi. Indeks Bahaya Erosi merupakan suatu tetapan. Oleh karenanya tidak memiliki satuan. (Arsyad,2006:361)

$$IBE = \frac{EP}{TSL} \quad (10)$$

dengan:

- IBE = Indeks Bahaya Erosi
- EP = Erosi potensial (ton/ha/tahun)
- TSL = Erosi yang diperbolehkan (ton/ha/th)

Selanjutnya berdasarkan persamaan diatas (10), Hammer mengklasifikasikan Indeks Bahaya Erosi (IBE) menjadi empat klasifikasi bahaya erosi seperti pada tabel (1).

Arahan Penggunaan Lahan

Arahan penggunaan lahan ditetapkan berdasarkan kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung dan hutan produksi yang berkaitan dengan karakteristik fisik DAS seperti kemiringan lereng, jenis tanah menurut kepekaannya terhadap erosi, dan curah hujan harian rata-rata. (Asdak, 2004:415)

Penetapan penggunaan lahan setiap satuan lahan ke dalam suatu kawasan fungsional dilakukan dengan menjumlah nilai skor ketiga faktor tersebut dengan mempertimbangkan keadaan setempat. Dengan cara demikian, dapat dihasilkan kawasan lindung, kawasan budidaya, dan kawasan penyangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi yang dipakai dalam studi ini adalah analisis kurva massa ganda. Uji konsistensi dilakukan menggunakan bantuan Autocad. Hasil uji konsistensi pada 9 stasiun penakar hujan yang ada di DAS Comal menunjukkan data curah hujan konsisten, dan bisa dilakukan uji statistik data hujan yang lain. Gambar 2 merupakan hasil uji konsistensi stasiun hujan kecepit.

Uji Statistik Data Curah Hujan

Data hujan sebelum dipakai untuk analisis selanjutnya harus di Uji terlebih dahulu. Uji statistik data hujan yang digunakan adalah Ketidak-adaannya Trend (Metode Spearman), Uji Stasioner (Uji-F dan Uji-t) dan Uji Persistensi (Metode Spearman). Data curah hujan dari ke 9 stasiun di DAS Comal diterima. Tabel (3) merupakan rekapitan dari Uji statistik data curah hujan di DAS Comal.

Analisis Luas Daerah Pengaruh dengan Metode Polygon Thiessen

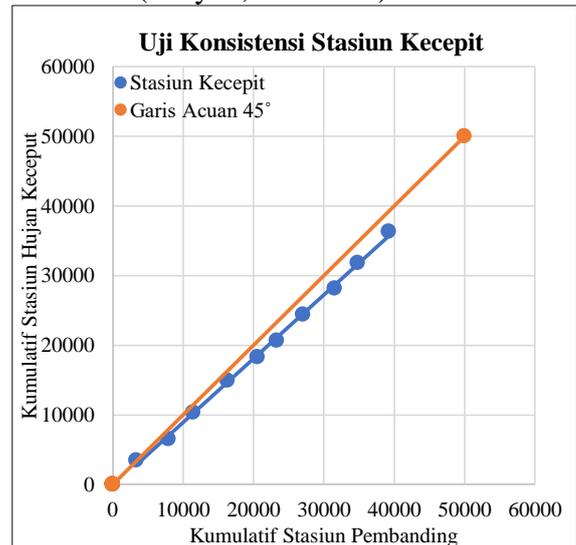
Daerah Aliran Sungai Comal memiliki luasan 791.629 km² dengan 9 stasin hujan tersebar didalamnya. Oleh karena itu dalam studi ini dipilih polygon thiessen untuk mencari luasan daerah

pengaruhnya. Tabel (4) merupakan luasan daerah pengaruh stasiun hujan pada DAS Comal dengan metode polyghon Thiessen. Dan Gambar (2) merupakan sebaran stasiun hujan di DAS Comal.

Tabel 1. Klasifikasi Indeks Bahaya Erosi

Nilai IBE	Kriteria IBE	Kekritisian Lahan
< 1.0	Rendah	Potensial Kritis
1,0 – 4,0	Sedang	Semi Kritis
4,0 – 10,0	Tinggi	Kritis
> 10	Sangat Tinggi	Super Kritis

Sumber : (Arsyad, 2006:361)



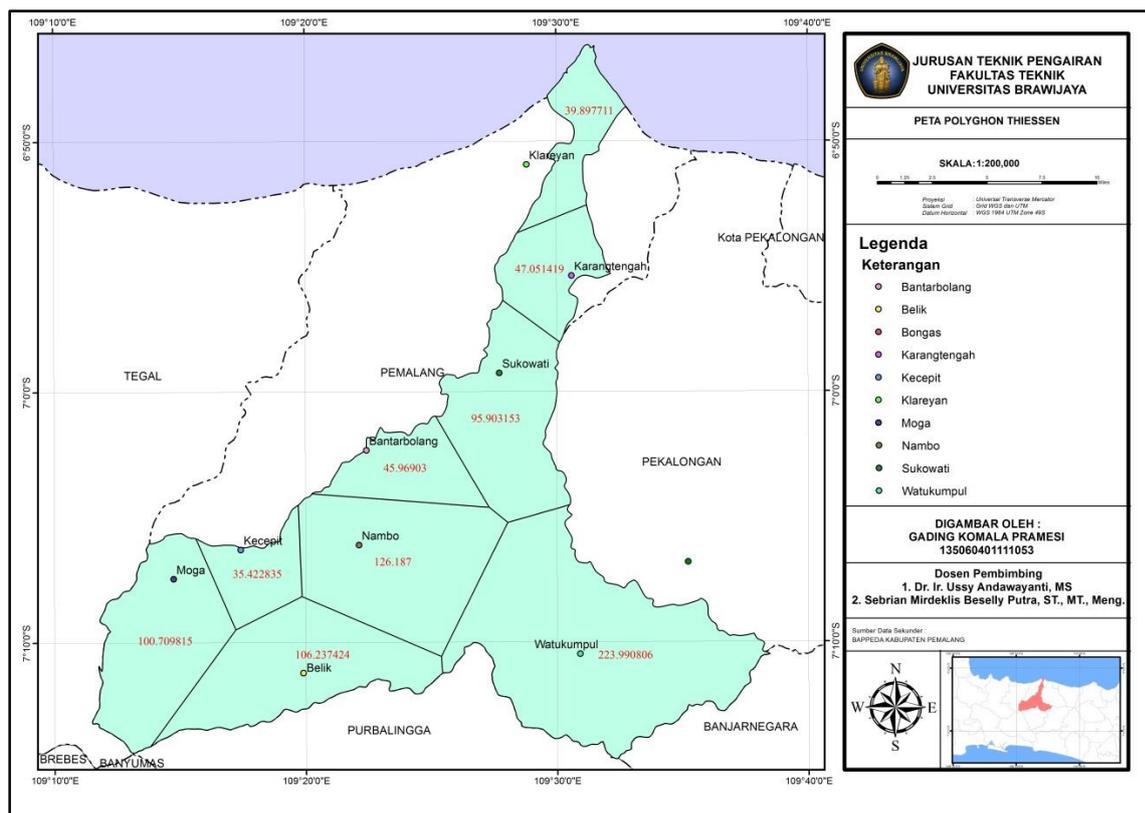
Gambar 1. Kurva massa ganda stasiun kecepit

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Tabel 4. Pengaruh luasan metode Polygon Thiessen

Stasiun Hujan	Luas		Koefisien Thiessen
	(km ²)	(%)	
Kecepit	35,251	4,453	0,04
Nambo	76,894	9,713	0,10
Moga	100,40	12,682	0,13
Belik	88,222	11,143	0,11
Klareyan	39,899	5,040	0,05
Karangtengah	46,982	5,934	0,06
Sukowati	95,486	12,061	0,12
Bantarbolang	44,991	5,683	0,06
Watukumpul	223,99	28,293	0,28
Jumlah	791,69	100	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 2. Peta Polygon Thiessen DAS Comal

Sumber : Hasil Analisis ArcMap,2017

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Statistik data curah hujan DAS Comal

Pos Hujan	Jenis Pengujian			
	Ketidak-adaan Trend (Metode Spearman)	Stasioner		Persistensi (Metode Spearman)
		Uji-F	Uji-t	
Kecepit	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Nambo	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Moga	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Belik	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Klareyan	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Karangtengah	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Sukowati	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Bantarbolang	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima
Watukumpul	Di terima	Di terima	Di terima	Di terima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Uji ketidak-adaan trend dengan nilai t tabel 2,306 dan nilai t hitungnya < 2,306, maka data tidak menunjukkan trend.

Sedangkan Uji F dengan f tabel 6.390 dan f hitung <6.390 dan uji t dengan t tabel 2.306 dan t hitung <2,306 maka data

stasioner. Dari tabel 3 diatas dapat dilihat detail hasil uji statistic DAS Comal

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 kalibrasi debit untuk mendapatkan parameter yang sesuai dalam DAS Comal. Tabel 5. menunjukkan perbandingan debit model dan debit lapangan sebelum kalibrasi tahun 2007, dan gambar 3 menunjukkan grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2007.

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 scenario perubahan lahan dan manajemen DAS. Sebelum program SWAT dapat diterima dan dapat diaplikasikan, diperlukan kalibrasi parameter yang sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Tabel 6 menunjukkan nilai parameter kalibrasi yang diubah.

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 mendekati 1. Tabel 7 menunjukkan hasil simulasi setelah kalibrasi tahun 2007 dan gambar 4. Menunjukkan grafik debit model terhadap debit lapangan setelah kalibrasi tahun 2007.

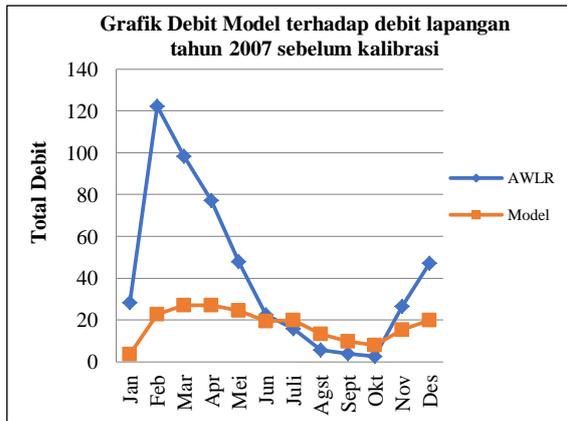
Pengujian hasil simulasi ArcSWAT

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* dan *RMSE*. Dari hasil pengujian *Nash-Sutcliffe* diperoleh nilai NS 0,940 pada tahun 2007 dan 0,935 pada tahun 2016. Sedangkan pada pengujian hasil simulasi menggunakan *RMSE* didapatkan hasil 8,638 pada tahun 2007 dan 7,760 pada tahun 2016. Dari hasil kedua pengujian tersebut maka dapat dipastikan bahwa hasil simulasi setelah kalibrasi dapat dijadikan patokan dalam menentukan besarnya limpasan, erosi dan sedimentasi.

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

Bulan	Total Debit		KR(%) QModel terhadap QAWLR
	AWLR	Model	
Januari	28,265	3,6285	87,162
Februari	122,299	22,6419	81,486
Maret	98,159	27,1786	72,312
April	77,152	27,0584	64,928
Mei	48,038	24,5664	48,860
Juni	22,422	19,4045	13,456
Juli	15,898	19,9174	25,285
Agustus	5,746	13,4454	134,004
September	4,036	9,71412	40,693
Oktober	2,708	8,03638	96,807
November	26,606	15,4447	41,950
Desember	47,205	19,9224	57,796

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017



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

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Tabel 6. Nilai kalibrasi parameter model tahun 2007

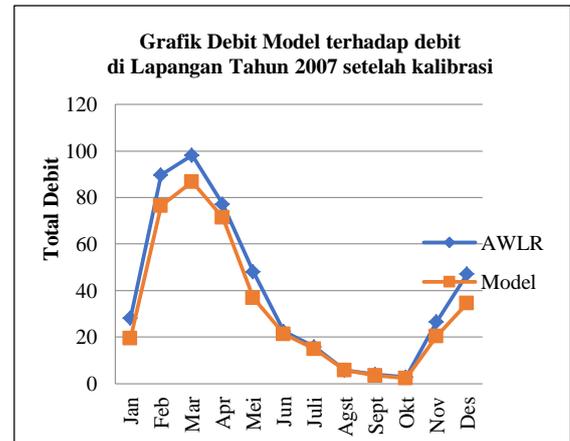
Parameter	Lower Bound	Upper Bound	Nilai Kalibrasi
Ch_K	0	150	100
Ch_N	0,02	0,05	0,05
Cn	35	98	70
Surlag	1	24	6
Sol_Awc	0	1	0,02
Esco	0	1	0,8
Alpha_Bf	0	0,3	0,02
Gw_Delay	0	500	10
Gw_Revap	0,02	0,2	0,017

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 7. Perbandingan debit model dan debit lapangan setelah kalibrasi tahun 2007

Bulan	Total Debit		KR(%) QModel terhadap QAWLR
	AWLR	Model	
Januari	28,265	19,567	30,772
Februari	89,780	76,340	14,970
Maret	98,159	86,786	11,586
April	77,152	71,340	7,533
Mei	48,038	36,785	23,425
Juni	22,422	21,257	5,195
Juli	15,898	14,987	5,728
Agustus	5,746	5,673	1,266
September	4,036	3,567	11,618
Oktober	2,708	2,345	13,392
November	26,606	20,456	23,115
Desember	47,205	34,567	26,772

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 4. Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi tahun 2007

Sumber : Hasil Analisis, 2017

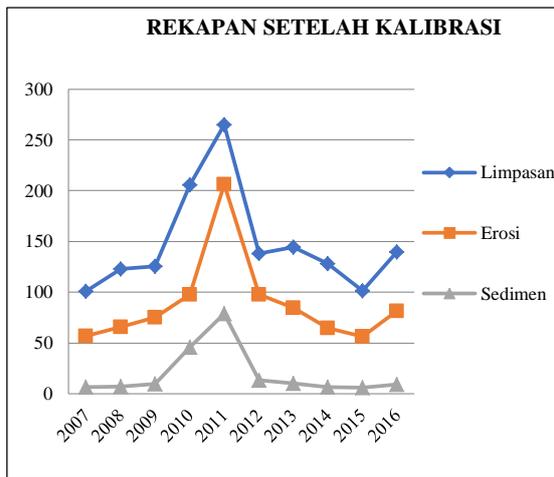
Hasil Limpasan, erosi, dan sedimentasi

Setelah pengujian dilakukan, proses selanjutnya adalah merekap hasil limpasan, erosi dan sedimen setiap tahunnya. Tabel 8. Merupakan hasil rekap limpasan limpasan, erosi dan sedimentasi sesudah kalibrasi, gambar 5. Merupakan grafik rekap limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi. Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa ada perubahan limpasan, erosi dan sedimentasi pada DAS Comal setiap tahunnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti curah hujan dan perubahan tata guna lahan setiap tahunnya.

Tabel 8. Rekap limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi

Tahun	Limpasan (mm/th)	Erosi (ton/ha/th)	Sedimen (ton/ha/th)
2007	100,958	56,765	6,670
2008	122,667	65,659	7,061
2009	125,651	75,295	9,838
2010	205,970	97,545	45,768
2011	264,945	206,162	78,980
2012	138,087	97,651	13,505
2013	144,607	84,460	10,347
2014	127,915	64,777	6,688
2015	101,372	56,199	5,814
2016	139,556	81,658	9,131

Sumber: Hasil Analisis, 2017



Gambar 5 Grafik Rekapian limpasan, erosi dan sedimen setelah kalibrasi
 Sumber : Hasil Analisis, 2017

Analisis Kekritisitas Lahan

Dalam studi ini tingkat kekritisitas lahan ditentukan berdasarkan Indeks Bahaya Erosi (IBE). Dari hasil analisis Indeks Bahaya Erosi (IBE) untuk mengetahui tingkat kekritisitas lahan pada DAS Comal diketahui bahwa DAS Comal terbagi dengan 4 (empat) kriteria IBE. Tabel 9. Menunjukkan kekritisitas lahan DAS Comal dan Gambar 6 merupakan peta tingkat kekritisitas lahan DAS Comal

Rekomendasi Penggunaan Lahan

Dikarenakan hasil erosi, sedimen, dan limpasan yang rata – rata terus meningkat dalam studi ini memberikan rekomendasi perencanaan tata guna lahan yang ideal agar erosi, sedimen dan limpasan tidak tinggi. Dalam studi ini juga dibuat fungsi kawasan untuk melihat seberapa sesuai tata guna lahan yang dibuat dengan fungsi kawasan sebenarnya. Dalam studi ini analisis fungsi kawasan berdasarkan pedoman pola RLKT yang dikeluarkan oleh BRLKT Departemen kehutanan di mana pola RLKT adalah suatu rencana jangka panjang (25 tahun) Pembuatan peta fungsi kawasan ini dilakukan dengan cara menskorring peta jenis tanah, peta sebaran curah hujan dan

peta kemiringan lereng. Setelah didapatkan peta fungsi kawasan, selanjutnya adalah membuat peta rekomendasi penggunaan lahan yang dilihat berdasarkan fungsi kawasan tersebut. Tata guna lahan rekomendasi di sesuaikan dengan fungsi kawasannya. Sesuai dengan fungsi kawasan yang sudah dibuat, selanjutnya adalah mengoverlay peta fungsi kawasan dengan peta tataguna lahan. Dari hasil overlay peta fungsi kawasan dan peta tagaguna lahan didapatkan bahwa ada ketidak sesuaian antara tata guna lahan yang sudah ada dengan kawaan fungsional pada DAS Comal. Tata guna lahan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada limpasan, erosi dan sedimentasi. Dalam studi ini lahan yang akan diperbaiki adalah tataguna lahan dengan kekritisitas lahan yang sangat berat (kritis) dan sangat kritis. Gambar 7 peta rekomendasi penggunaan lahan DAS Comal.

Analisis Peta Tataguna lahan rekomendasi

Setelah pembuatan peta rrekomendasi penggunaan lahan yang sesuai untuk menurunkan besar limpasan, erosi, dan sedimentasi. Hal berikutnya yang dilakukan adalah simulasi model berdasarkan peta rekomendasi penggunaan lahan. Tabel Penurunan laju limpasan, erosi, dan sedimentasi berdasarkan peta tataguna lahan rekomendasi Tabel 10. Merupakan hasil analisis peta tata guna lahan rekomendasi.

Kekritisitas Lahan Tataguna Lahan Rekomendasi

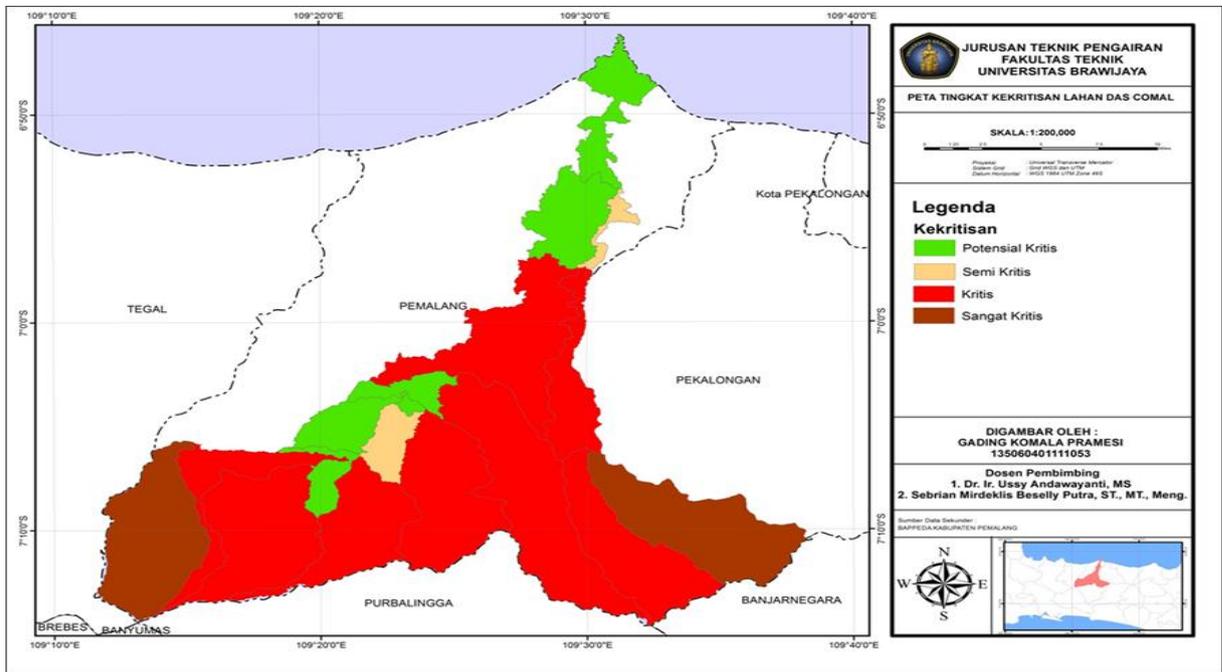
Analisis kekritisitas lahan berdasarkan rekomendasi perlu dilakukan untuk melihat seberapa besarnya pengaruh dari pembuatan peta tataguna lahan rekomendasi. Berdasarkan nilai erosi yang diperbolehkan

(EDP) yang sudah dihitung pada perhitungan sebelumnya, maka dapat diketahui kekritisan lahan di DAS Comal berdasarkan nilai Indeks Bahaya Erosi (IBE). Tabel 11 dan Gambar 8 merupakan hasil dari analisis tingkat kekritisan lahan tata guna lahan rekomendasi untuk DAS Comal.

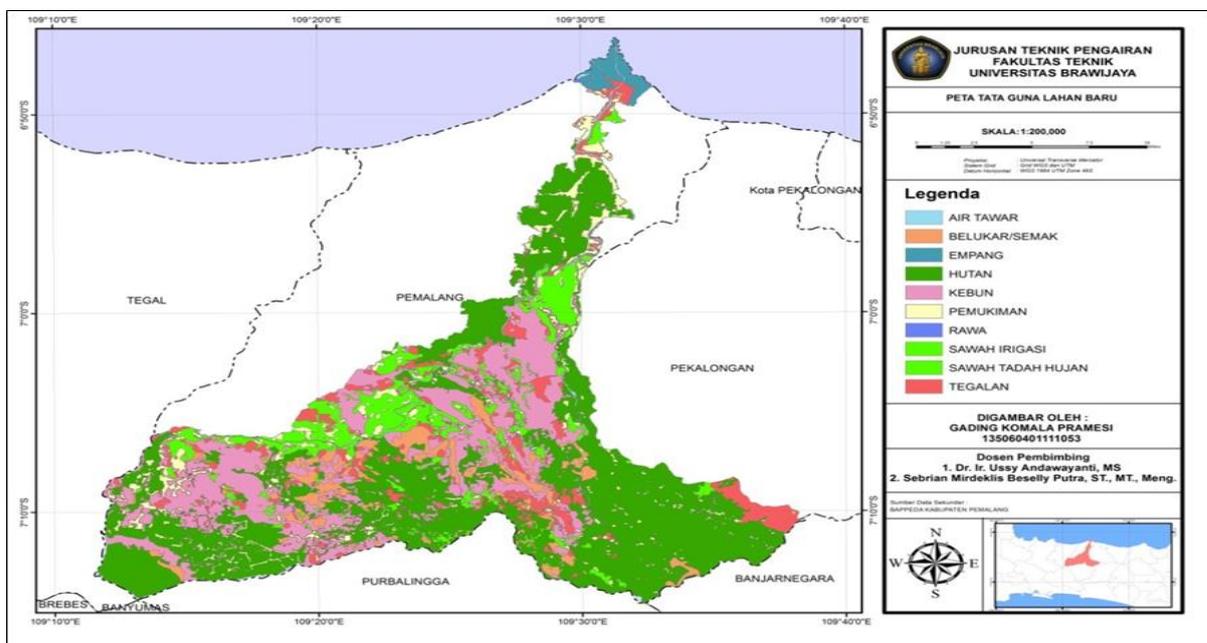
Tabel 9. Tingkat Kekritisan Lahan DAS Comal

Nilai IBE	Tingkat Kekritisan Lahan	Jumlah (Ha)
< 1,0	Potensial Kritis	28512,398
1,0 – 4,0	Semi Kritis	12777,712
4,0 – 10,0	Kritis	36886,033
> 10	Super Kritis	993,243

Sumber : Hasil Analisis, 2017



Gambar 6. Peta Kekritisan Lahan DAS Comal Sumber : Hasil Analisis ArcMap, 2017



Gambar 7. Peta Tata Guna Lahan Rekomendasi DAS Comal
Sumber : Hasil Analisis ArcMap, 2017

Tabel 10. Hasil limpasan, erosi, dan sedimen berdasarkan tataguna lahan rekomendasi

Tahun	Penurunan (%)		
	Limpasan	Erosi	Sedimentasi
2007	11,789	14,678	18,201
2008	12,567	22,652	38,703
2009	15,608	9,826	29,968
2010	14,297	19,025	32,728
2011	4,964	19,583	44,568
2012	7,442	47,286	48,982
2013	12,318	44,499	23,723
2014	12,519	47,501	27,187
2015	14,216	43,999	16,136
2016	12,684	46,655	13,745

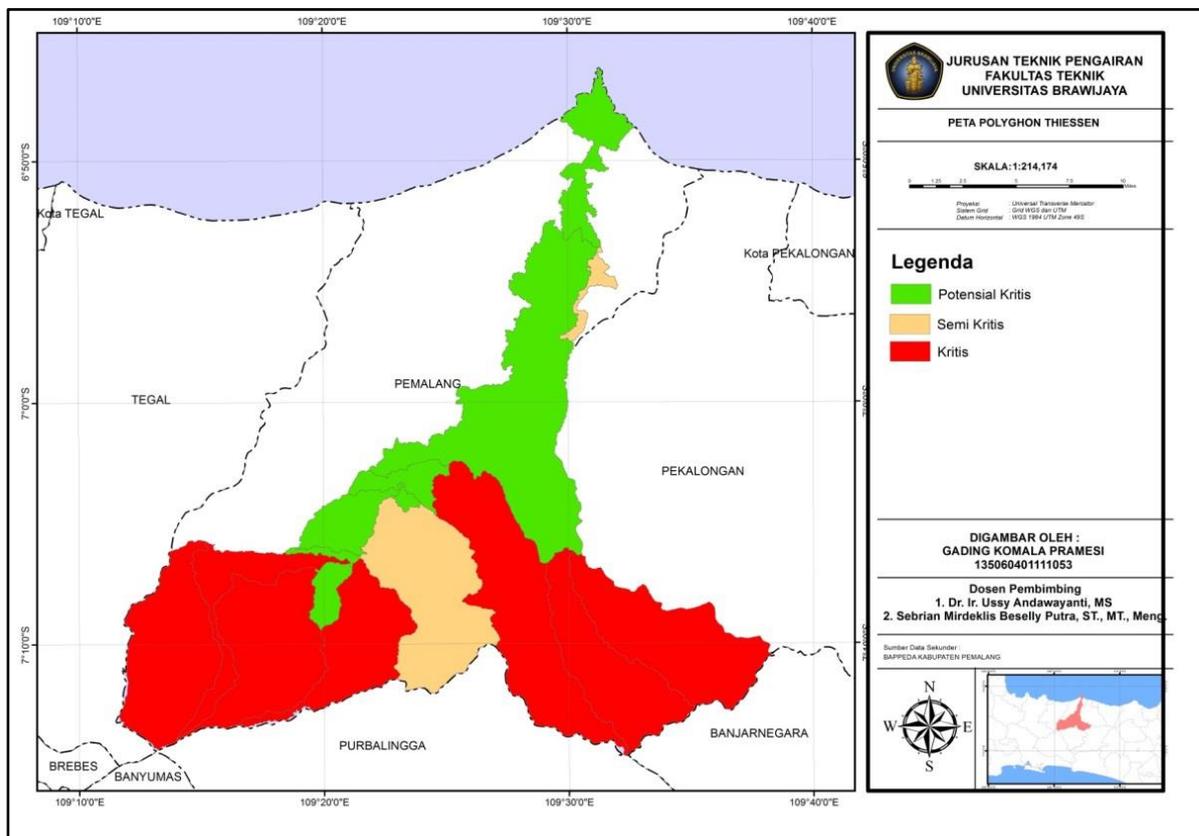
Sumber : Hasil Analisis, 2017

Dari tabel 11 dibawah dapat dilihat bahwa rekomendasi penggunaan lahan sesuai dengan yang diharapkan, karena setelah simulasi tingkat kekritisan lahan super kritis dan kritis mengalami penurunan

Tabel 11. Selisih tingkat kekritisan lahan sebelumnya dan kekritisan berdasarkan tataguna lahan rekomendasi

Nilai IBE	Tingkat Kekritisan Lahan	Selisih (%)
< 1,0	Potensial Kritis	+13,964
1,0 – 4,0	Semi Kritis	+2,907
4,0 – 10,0	Kritis	-15,616
> 10	Super Kritis	-1,255

Sumber : Hasil Analisis, 2017



Gambar 8 Peta Kekritisan Lahan berdasarkan tataguna lahan rekomendasi

Sumber : Hasil Analisis ArcMap, 2017

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dengan terjadinya perubahan luas tataguna lahan dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2016, maka dapat mempengaruhi kondisi Daerah Aliran Sungai.

Berdasarkan hasil model dari SWAT untuk pendugaan limpasan, erosi dan sedimentasi DAS Comal dengan hasil untuk limpasan 147,173 mm/tahun. Erosi 88,61 ton/ha/tahun dan sedimen 19,380 ton/ha/th.

Berdasarkan hasil analisis IBE (Indeks Bahaya Erosi) yang dilakukan untuk menentukan kekritisan lahan pada DAS Comal. DAS Comal memiliki 4 kriteria kekritisan lahan. Pertama adalah lahan dengan harkat IBE rendah menunjukkan bahwa lahan berada pada kondisi potensial kritis, lahan dengan kondisi potensial kritis memiliki luas sebesar 28512,398 ha. Kedua adalah lahan dengan harkat IBE sedang menunjukkan bahwa lahan tersebut berada pada kondisi semi kritis, lahan dengan kondisi semi kritis di DAS Comal memiliki luasan 12777,712 ha. Ketiga adalah lahan dengan harkat IBE Tinggi menunjukkan bahwa lahan tersebut berada pada kondisi kritis, lahan dengan kondisi kritis memiliki luas 36886,032 ha. Keempat adalah lahan dengan harkat IBE sangat tinggi menunjukkan bahwa lahan tersebut berada pada kondisi sangat kritis, lahan dengan kondisi sangat kritis memiliki luasan 993,245 ha.

Analisis fungsi kawasan berdasarkan pedoman pola rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) tahun 1994 menunjukkan bahwa fungsi kawasan pada DAS Comal merupakan kawasan lindung, kawasan penyangga dan kawasan budidaya tanaman tahunan. Dan usaha konservasi secara vegetative yang dilakukan untuk menurunkan laju erosi adalah dengan mengganti penggunaan lahan yang berada pada kondisi kritis dan sangat kritis terutama pada daerah hulu. Penurunan limpasan yang terjadi sekitar 11,847 %, penurunan laju erosi sekitar 31,570 % dan sedimentasi sekitar 29,394 %.

Saran

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.

Perlu dilakukan penataan serta rencana pembangunan daerah kota yang berbasis pada konservasi tanah dan air sehingga kelestarian tanah dan air dapat terjaga.

Software ArcSWAT mempermudah penggunaan dalam melakukan permodelan yang terjadi pada suatu DAS. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan program ArcSWAT agar tidak terjadi masalah dalam aplikasinya. Hal-hal itu adalah Penyimpanan file-file input data ArcSWAT ini sebaiknya ditata dengan baik. Agar tidak membingungkan pada saat pemanggilan data dan Susunan input data ArcSWAT dalam suatu file input data dalam format (*.dbf) harus benar sesuai dengan format database yang diminta program agar dapat dikenali program dan dapat berjalan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor.
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Harto, Sri. (1989). *Analisis Hidrologi*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Limantara, Lily M. (2008). *Hidrologi Dasar*. Malang: Tirta Media.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung: Penerbit Nova.s
- Suhartanto, Ery. 2008. *Panduan AVSWAT 2000, 2002*, Malang
- Utomo, W. H. 1994. *Erosi dan Konservasi Tanah*. Malang: IKIP MALANG
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.