

## ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN DAN LAJU SEDIMENTASI MENGGUNAKAN ArcSWAT

Herol<sup>1</sup>, Nurhamidah<sup>2</sup>, Andriani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Email: herolkc12@gmail.com

**Abstrak:** Pertumbuhan penduduk dari waktu ke waktu semakin meningkat sehingga kebutuhan akan lahan untuk membangun semakin tinggi. Akibatnya perubahan penggunaan lahan tidak dapat dihindarkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aliran permukaan dan laju sedimentasi. DAS Batang Air Dingin bagian hulu dan tengah tahun 2011 dan 2019 menjadi kajian dalam penelitian ini. Pemodelan hidrologi dalam penelitian ini menggunakan model soil and water assessment tool (SWAT). Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2011 hingga 2019 didominasi oleh perubahan hutan menjadi semak belukar. Pengaruh perubahan penggunaan lahan tahun 2011 dan 2019 terhadap aliran permukaan relatif kecil yaitu hanya 2%, dengan koefisien aliran permukaan (C) sebesar 0,35 dengan kriteria sedang. Nilai tersebut menunjukkan bahwa DAS Batang Air Dingin cukup baik dalam merespon air hujan sehingga hanya sebagian kecil air hujan yang menjadi limpasan permukaan. Pengaruh perubahan penggunaan lahan tahun 2011 dan 2019 terhadap laju sedimentasi cukup besar dengan nilai perubahan terbesar 300%, dan terjadi peningkatan kriteria dari ringan menjadi sedang.

**Kata kunci:** Aliran Permukaan, Sedimentasi, ArcSWAT

*Abstract: Population growth is increasing from time to time so that the need for land to build is getting higher. As a result, land use change is inevitable. This study aims to examine the effect of land use changes toward surface runoff and sedimentation rate. The upstream and midstream of Batang Air Dingin watersheds in 2011 and 2019 were studied in this research. The hydrological modeling in this study used the soil and water assessment tool (SWAT) model. Changes in land use from 2011 to 2019 were dominated by the conversion from forest to shrubs. The effect of land use changes in 2011 and 2019 toward surface runoff is relatively small, only 2%, with a runoff coefficient (C) of 0.35 with moderate criteria. This value indicates that the Batang Air Dingin watershed is quite good at responding to rainwater so that only a small portion of rainwater becomes surface runoff. The effect of land use changes in 2011 and 2019 toward the sedimentation rate is quite large with the largest change value of 300%, and there was an increase in criteria from mild to moderate.*

**Keywords:** Runoff, Sedimentation, ArcSWAT

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang signifikan yang menyebabkan pertumbuhan infrastruktur yang pesat karena kebutuhan lahan untuk penduduk hidup, tinggal dan beraktivitas, konsekuensinya adalah perubahan lahan yang semula merupakan tempat tinggal air menjadi pemukiman [1].

Perkembangan suatu kota ditandai dengan perubahan tata guna lahan, hal ini berdampak pada lingkungan. Perubahan penggunaan lahan dalam skala besar akan menyebabkan air hujan merembes ke dalam tanah (dalam bentuk infiltrasi), yang akan diubah menjadi aliran permukaan dan mengalir ke sungai dan danau sehingga bisa

mempengaruhi keseimbangan antara air dan lingkungan di area tersebut [2].

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan salah satu yang berdampak terhadap perubahan tata guna lahan. DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung/pegunungan, dimana air hujan akan mengalir ke sungai utama pada titik/stasiun yang ditinjau [3]. DAS Batang Air Dingin berada pada  $0^{\circ}48'-0^{\circ}56'$  Lintang Selatan dan  $100^{\circ}21'-100^{\circ}33'$  Bujur Timur, dengan elevasi 0-1.210 Mdpl. Penggunaan lahan DAS Batang Air Dingin meliputi hutan lindung, kawasan konservasi dan lahan milik masyarakat dengan kemiringan 25-40% dibagian hulu sebesar 57,55% [4]. Pemodelan hidrologi pada suatu DAS merupakan salah satu cara yang sangat efektif guna mengetahui dan memahami proses-proses yang terjadi dalam DAS dan memprediksikan pengaruh DAS dikarenakan perubahan fungsi lahan yang terjadi dalam DAS [5]. Kebutuhan akan teknik pemodelan hidrologi yang dapat menilai atau menafsirkan dengan cepat pengaruh hidrologi dari pergantian atau transformasi dan langkah perencanaan tertentu yang terjadi di dalam suatu DAS [6].

Salah satu model hidrologi adalah Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) yang dapat menyediakan parameter iklim dan tata guna lahan sebagai data input. Dr. Jeff Arnold pada tahun 1990-an mengembangkan satu model hidrologi yaitu Soil Water Assessment Tools (SWAT) [7]. SWAT (Soil and Water Assesment Tools) adalah physically based model yang bisa digunakan untuk mengevaluasi dan membuat prediksi pada berbagai ukuran DAS [8]. Model ini dikembangkan di USDA (United States Department of Agriculture) untuk memprediksi pengaruh

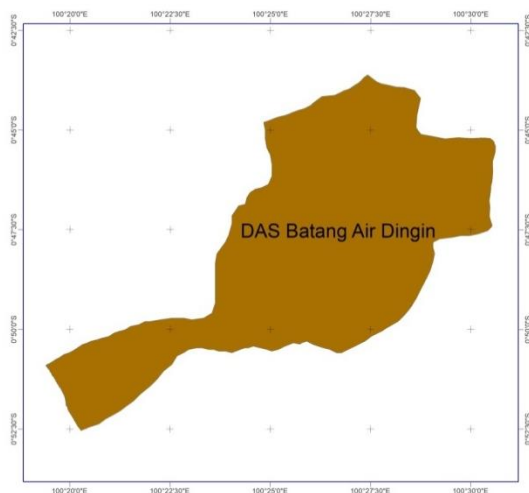
pengambilan keputusan terhadap karakteristik hidrologi, hasil sedimen, unsur hara, dan polusi pada suatu DAS. Selain itu, SWAT dapat menganalisis DAS secara spasial, yaitu berupa Sub DAS atau HRU (Hydrologic Response Unit) [9].

Aliran permukaan merupakan air yang tidak dapat meresap kedalam tanah dikarenakan kejenuhan tanah yang menghambat proses infiltrasi. kapasitas infiltrasi lebih kecil dari curah hujan maka akan terjadi aliran permukaan yang menyebabkan banjir [10]. Mengkaji laju sedimentasi (sedimentation rate) diperlukan sebagai dasar untuk perencanaan bangunan hidraulik sungai, pengelolaan scouring dan beberapa masalah lainnya di sungai [11]. Tujuan dari penelitian ini mengidentifikasi perubahan tata guna lahan, mengkaji pengaruh perubahan tata guna terhadap aliran permukaan dan laju sedimentasi DAS Batang Air Dingin.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi

Penelitian dilakukan di DAS Batang Air Dingin Kota Padang. DAS Batang Air Dingin terletak pada  $0^{\circ} 48'$  sampai  $0^{\circ} 56'$  Lintang Selatan dan  $100^{\circ}21'$  sampai  $100^{\circ}33'$  Bujur Timur, dengan ketinggian 0 sampai dengan 1.210 mdpl. Daerah tangkapan air di bagian hulu DAS Batang Air Dingin seluas kurang lebih 12919,72 ha [4].



Gambar 1. DAS Kota Padang

### Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait Peta DEM diperoleh dari DEMNAS dengan cara mengunduh peta DEM situs DEMNAS yaitu <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>, peta tanah berupa data sekunder yang didapatkan dari [www.fao.org](http://www.fao.org), Peta penggunaan lahan merupakan data sekunder yang diperoleh dari <https://tanahair.indonesia.go.id> dan Data klimatologi berasal dari PSDA Sumatera Barat yaitu dari stasiun Gunung Nago, stasiun batu busuk dan stasiun Koto Tuo.

### Tata Guna Lahan

Tata guna lahan adalah wujud dalam ruang di alam tentang bagaimana penggunaan lahan tertata, baik secara alami maupun direncanakan. Intervensi manusia merupakan faktor utama dalam perkembangan tata guna lahan dan diperlukan perencanaan yang baik sehingga tidak mengganggu kelestarian lingkungan, [12]. Kajian tentang tutupan vegetasi pada suatu DAS sangat diperlukan sebagai penilaian kondisi pada DAS. Penilaian tutupan vegetasi diklasifikasikan berdasarkan SK Dirjen RRL No.

041/Kpts/V/1998 dengan persamaan sebagai berikut.

$$PTV = \frac{ATV}{A_{DAS}} \times 100\%$$

PTV = Persentase tutupan vegetasi

ATV = Luas tutupan vegetasi

$A_{DAS}$  = Luas DAS

Tabel 1. Kriteria Presentase Tutupan Vegetasi

Persentase Tutupan Vegetasi (%)	Kriteria
>80	Sangat baik
61-80	Baik
41-60	Sedang
21-40	Buruk
<20	Sangat buruk

Sumber: [13]

Nilai besar persentase tutupan vegetasi maka kondisi dari suatu DAS semakin baik. Nilai PTV yang baik akan menghasilkan aliran permukaan yang kecil ketika terjadi hujan dengan kata lain daya serap dari suatu lahan juga baik.

### Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan adalah nilai yang menunjukkan perbandingan besarnya limpasan permukaan terhadap curah hujan, nilai aliran Permukaan ( $0 \leq C \leq 1$ ) [14]. jika Nilai C makin besar maka menjelaskan bahwa semakin banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan. Kesalahan dalam menentukan besaran nilai C akan berpengaruh pada penaksiran aliran permukaan [15].

Tabel 2. Koefisien Aliran (C)

Tipe Daerah Aliran	Koefisien Aliran (C)
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,5 - 0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10 - 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 - 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 - 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 - 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 - 0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 - 0,95
Daerah pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	

Tipe Daerah Aliran	Koefisien Aliran (C)
Daerah <i>single family</i>	0,30 – 0,50
Multi unit terpisah	0,40 – 0,60
Multi unit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,7
Industry	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, Kuburan	0,1 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,2 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan	
Beraspal	0,70 – 0,95
Beton	0,80 – 0,95
Batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10-0,4
Bergelombang, 5-10%	0,25-0,5
Berbukit, 10-30%	0,30-0,6

Sumber: [3]

Apabila DAS terdiri dari bermacam tata guna lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka nilai C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan

A<sub>i</sub> = Luas lahan dengan jenis penutup tanah

C<sub>i</sub> = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah,

N = Jumlah jenis penutup lahan

Tabel 3. Kriteria Nilai Koefisien Aliran Permukaan (C)

Nilai (C)	Kriteria
C<0.2	Sangat Rendah
0.2>C>0.3	Rendah
0.3>C>0.5	Sedang
0.5>C>0.5	Tinggi
C>0.5	Sangat Tinggi

Sumber :[16]

### Laju Sedimentasi

Sedimentasi merupakan hasil akhir yang dihasilkan oleh proses erosi. Erosi adalah peristiwa atau terangkut tanah atau bagian-

bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada bagian erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain [2]. Erosi yang tidak terkendali dapat mengakibatkan kerusakan pada DAS, hal ini akan memicu terjadi bencana pada akhirnya. Sehingga diperlukan pengendalian terhadap erosi. Klasifikasi tingkat bahaya erosi dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. Klasifikasi Laju Sedimentasi

Kehilangan tanah (ha/ton/thn)	Keterangan
<15	Sangat Ringan
16-60	Ringan
60-180	Sedang
180-480	Berat
>480	Sangat Berat

Sumber: [17]

### Soil and Water Assessment Tools (SWAT)

*Soil and Water Assessment tools* (SWAT) adalah aplikasi berbasis komputer yang berfungsi sebagai model simulasi data yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk kepentingan riset dan pengembangan *Agricultural Research Services* (ARS) dari USDA [18]. SWAT adalah suatu model yang dikembangkan untuk memprediksi dampak yang terjadi pada area DAS yang ditimbulkan oleh manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi dan jumlah bahan kimia dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan dan kondisi manajemen suatu DAS yang telah melalui waktu yang lama [7].

Output yang dikeluarkan oleh model SWAT harus dilakukan validasi dan kalibrasi menggunakan data yang telah dipersiapkan sebelumnya. Validasi dan kalibrasi dilakukan guna memperoleh hasil yang sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Determinasi (R<sup>2</sup>) dan Nash-Sutcliffe Index (NSI) merupakan ketentuan ketentuan nilai yang dipakai dalam proses validasi dan kalibrasi. Nilai yang dipertimbangkan dalam melakukan validasi adalah nilai NS. Nilai NS > 0.36 dan R > 0.5 adalah nilai standar bahwa suatu model dianggap valid. Apabila nilai NS < 0.36 dan R < 0.5 maka harus dilakukan kalibrasi. Nilai NS dan R diperoleh dari persamaan berikut.

$$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (O_t - \hat{O})^2 - \sum (P_t - O_t)^2}{\sum_{i=1}^n (O_t - \hat{O})^2}$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (O_t - \hat{O}) - [\sum (P_t - \hat{P})^2]}{[\sum_{i=1}^n (O_t - \hat{O})^2] [\sum_{i=1}^n (P_t - \hat{P})^2]}$$

Keterangan:

O = Debit aktual yang terukur (m<sup>3</sup>/s)

$\hat{O}$  = Debit aktual rata-rata yang terukur (m<sup>3</sup>/s)

P<sub>t</sub> = Debit simulasi (m<sup>3</sup>/s)

$\hat{P}$  = Debit simulasi rata-rata (m<sup>3</sup>/s)

Tabel 5 Nilai NS dan R<sup>2</sup> Model ArcSWAt

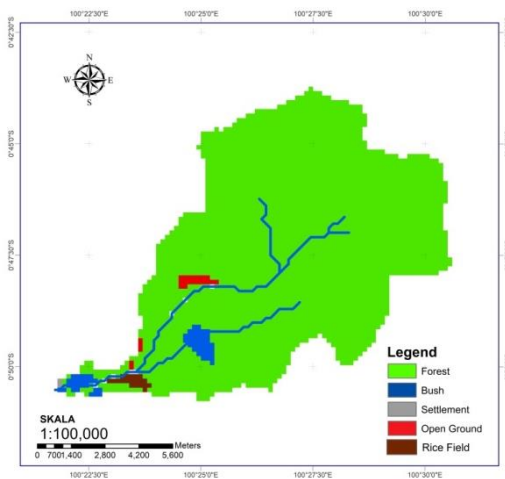
NS	R <sup>2</sup>	Klasifikasi
0.75 < NS ≤ 1.00	0.75 < R <sup>2</sup> ≤ 1.00	Sangat Baik
0.60 < NS ≤ 0.75	0.60 < R <sup>2</sup> ≤ 0.75	Baik
0.36 < NS ≤ 0.60	0.5 < R <sup>2</sup> ≤ 0.6	Memuaskan
0.00 < NS ≤ 3.36	0.25 < R <sup>2</sup> ≤ 0.5	Buruk
NS ≤ 0.00	R <sup>2</sup> ≤ 0.25	Tidak Memenuhi

Sumber: [19]

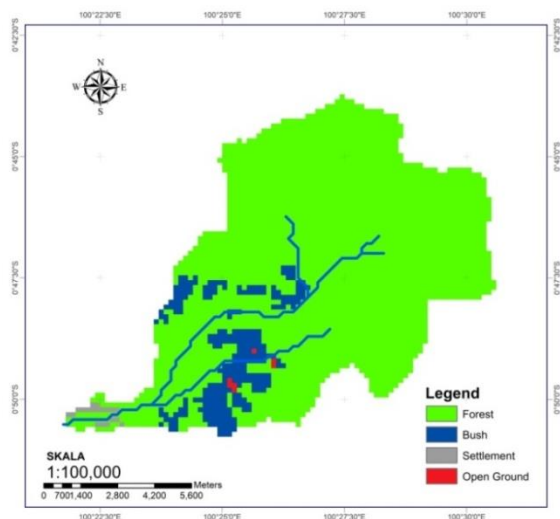
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tata Guna Lahan

Tata guna lahan yang digunakan adalah pada tahun 2011 dan 2019 yang memiliki rentang waktu 8 tahun. Berikut adalah perubahan tata guna lahan yang disajikan dalam peta dan tabel.



Gambar 2. Tata guna lahan 2011



Gambar 3. Tata Guna Lahan 2019

Tabel 6. Perubahan tata guna lahan

Tata Guna lahan	2011	2019	Perubahan Tata Guna Lahan	
	(Ha)	(Ha)	(Ha)	%
Hutan	10898.62	10209.88	-688.74	6.32
Sema Belukar	222.35	977.32	754.97	339.54
Sawah	69.48	0	-69.48	100
Tanah Terbuka	79.91	24.26	-55.65	69.64
Pemukiman	6.95	65.85	58.90	847.67
Luas DAS	11277.31	11277.31		

Tata guna lahan pada tahun 2011 dan 2019 didominasi oleh hutan. Perubahan tata guna lahan pada tahun 2011 dan 2019 adalah luas hutan mengalami penurunan sebesar 688,74 ha dengan perubahan 6,32%. Luas semak belukar mengalami peningkatan sebesar 754,97 ha dengan perubahan 339,54%. Sawah mengalami penurunan sebesar 69,48 ha dengan perubahan 100%, tanah terbuka mengalami penurunan 55,56 ha dengan perubahan 69,64%, dan pemukiman mengalami peningkatan sebesar 58,9 ha dengan perubahan 847,67% dari tahun 2011. Peralihan tata guna lahan yang sangat besar yaitu dari hutan menjadi semak belukar dan terjadi peningkatan luas pemukiman sebesar 8 kali dari tahun 2011 ke 2019.

Tutupan vegetasi pada DAS Batang Air Dingin bagian hulu dapat dievaluasi dengan persentase tutupan vegetasi sesuai dengan SK Dirjen RRL No. 041/Kpts/V/1998. Vegetasi permanen yang dievaluasi adalah tanaman tahunan yaitu hutan dan semak belukar. Persentase tutupan Vegetasi pada tahun 2011 dan 2019 sebagai berikut.

Tabel 7. Persentase Tutupan Vegetasi (PTV) pada Tahun 2011

Tata Guna lahan	Luas (A) (ha)	Luas DAS	PTV (%)	Kriteria
Hutan	10898,62	11277,31	98.61	Sangat Baik
Semak Belukar	222,35			
Luas Vegetasi	11120,97			

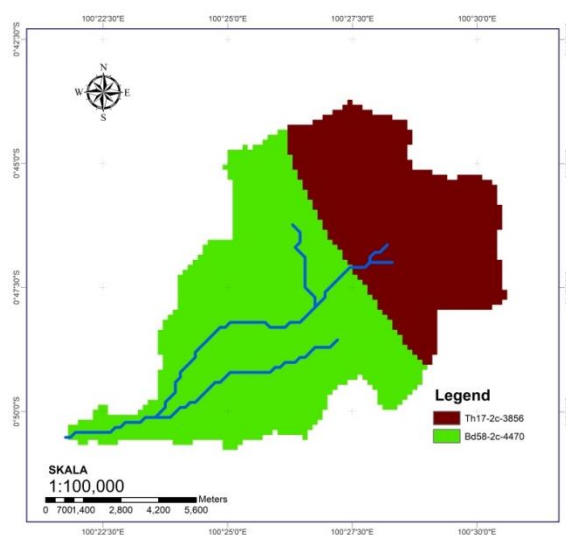
Tabel 8 Persentase Tutupan Vegetasi (PTV) pada Tahun 2019

Tata Guna lahan	Luas (A) (ha)	Luas DAS	PTV (%)	Kriteria
Hutan	10209.884	11277.31	99.20	Sangat Baik
Semak Belukar	977.32			
Luas Vegetasi	11187.2049			

Persentase tutupan vegetasi pada tahun 2011 dan 2019 adalah >80% dan dikategorikan sangat baik berdasarkan SK Dirjen RRL No. 041/Kpts/V/1998 dan perubahan di dominasi oleh hutan menjadi semak belukar pada tahun tersebut.

### Sebaran Jenis Tanah

Hasil dari sebaran jenis tanah pada DAS Batang Air Dingin sebagai disajikan dalam bentuk peta dan tabel.



Gambar 4. Sebaran Jenis Tanah DAS Batang Air Dingin bagian Hulu

Pada DAS Batang Air Dingin bagian hulu dan tengah memiliki 2 jenis tanah. Jenis tanah pertama dengan penamaan Th17-2c-3856 bertekstur loam memiliki 2 lapisan tanah, lapisan pertama dengan kedalaman 300 mm tersusun dari 17% clay, 42% silt dan 41% sand, lapisan kedua dengan kedalaman 1000 mm tersusun dari 17% clay, 34% silt, dan 49% sand dengan sebaran 4354.16 ha yaitu 38% dari luas DAS yang ditinjau. Jenis tanah kedua dengan penamaan Bd58-2c-4470 bertekstur Loam memiliki 2 lapisan tanah, lapisan pertama dengan kedalaman 300 mm tersusun dari 22% clay, 34% silt dan 46%

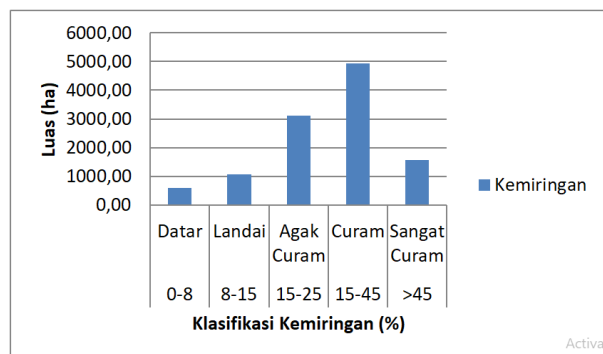
sand, lapisan kedua dengan kedalaman 1000 mm tersusun dari 24% clay, 27% silt, dan 49% sand dengan sebaran 6923.2 ha yaitu 61.29% dari luas DAS yang ditinjau

### Kemiringan

Peta topografi dapat menggambarkan keadaan kemiringan dari suatu DAS. Kelerengan pada DAS Batang Air Dingin memiliki variasi dari datar, landai, agak curam, curam dan sangat curam. Pengklasifikasian kemiringan berdasarkan Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah tahun 1986.

Tabel 9. Sebaran Kemiringan DAS Batang Air Dingin Bagian Hulu

Kemiringan	Keterangan	Luas	
		(ha)	(%)
0-8	Datar	606.49	5.38
8-15	Landai	1060.50	9.4
15-25	Agak Curam	3112.18	27.6
25-45	Curam	4935.12	43.76
>45	Sangat Curam	1563.02	13.86



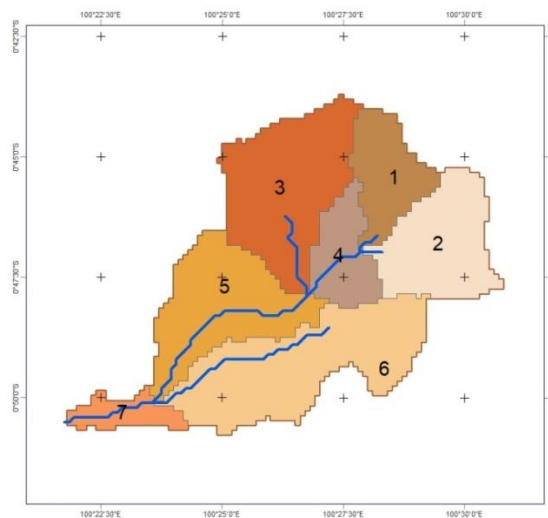
Gambar 5. Grafik sebaran kemiringan pada DAS Batang Air Dingin

DAS Batang Air Dingin bagian hulu dan tengah memiliki elevasi terendah 12 m dan elevasi tertinggi 1820 m dari permukaan laut. Berdasarkan data di atas DAS Batang Air Dingin bagian hulu dan tengah

didominasi oleh lereng yang curam dengan kemiringan 15-45 % dengan sebaran sebesar 4935.12 Ha, 43% dari DAS yang ditinjau.

### Sub-DAS

Pada proses *delineasi* didapatkan sub-sub DAS, setiap sub-DAS memiliki karakteristik yang berbeda beda-beda. Berikut adalah pembagian sub-DAS dari hasil *delineasi* ArcSWAT



Gambar 6. Elevasi Sub DAS Batang Air Dingin bagian Hulu

Tabel 10. Elevasi Sub DAS Batang Air Dingin bagian Hulu

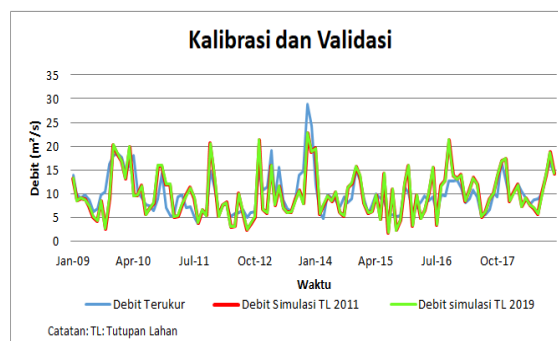
Sub DAS	Elevasi (m)	
	Min	Max
1	567	1820
2	591	1529
3	388	1627
4	391	1341
5	77	1149
6	81	1449
7	12	544

Sungai-sungai yang terbentuk dari hasil *delineasi* akan membentuk ordo-ordo sungai. Anak-anak sungai yang saling bertemu akan menghasilkan outlet sungai.

Sub-DAS yang dihasilkan adalah 7 sub-DAS

### Kalibrasi dan Validasi

Hasil dari model ArcSWAT harus melalui proses kalibrasi dan validasi untuk mendapatkan parameter yang mendekati kondisi lapangan. Debit terukur didapatkan dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat dengan stasiun pengukuran berada pada 0°50' 19.3" LS dan 100°22' 49.2" BT. Stasiun tersebut berada pada aliran sungai Sub-DAS 7. Debit dari hasil simulasi ArcSWAT harus melalui tahap kalibrasi dan validasi sehingga debit simulasi mendekati debit terukur. Proses kalibrasi menggunakan *manual calibration helper* dengan metode *trial and error* pada parameter-parameter yang berpengaruh. Proses kalibrasi menggunakan parameter yang sensitive yaitu sebanyak 12 parameter. 12 parameter tersebut terdiri dari faktor alfa untuk aliran permukaan (Alfa\_Bf), waktu pengisian air tanah (GW\_Delay), kedalaman minimum perairan dangkal (GWQMN), koefisien penguapan air tanah (GW\_REVAP), lama limpasan permukaan (Surlag), factor pergantian evaporasi tanah (ESCO), panjang lereng rata-rata (SLSUBBSN), konduktivitas hidraulik sungai utama (CH\_K2), nilai manning untuk dasar sungai (CH\_N2), nilai CSC CN II (Cn), konduktivitas hidrolis pada kondisi jenuh (Sol\_K), dan ketersediaan air kapasitas lapang pada tanah (Sol\_AWC). Proses kalibrasi dihentikan apabila hasil debit simulasi sudah mendekati debit lapangan dengan batas nilai determinasi ( $R^2$ ) > 0.5 dan nilai nash sutcliffe (NS) > 0.36 dan dan validasi dilakukan untuk melihat konsistensi dari hasil simulasi.



Gambar 7. Grafik Kalibrasi dan Validasi Debit Simulasi dan Debit Terukur

### Aliran Permukaan

Dari hasil perubahan tata guna lahan didapatkan koefisien aliran permukaan sebagai berikut.

Tabel 11. Koefisien Aliran Permukaan DAS Batang Air Dingin bagian Hulu pada Tahun 2011

Tata Guna Lahan	Koefisien Aliran Permukaan (C)	Luas A (ha)	C DAS
Hutan	0.36	10898.62	
Semak Belukar	0.2	222.35	
Sawah	0.35	69.48	0.36
Tanah Terbuka	0.2	79.91	
Pemukiman	0.7	6.95	
Luas DAS yang Ditinjau		11277.31	

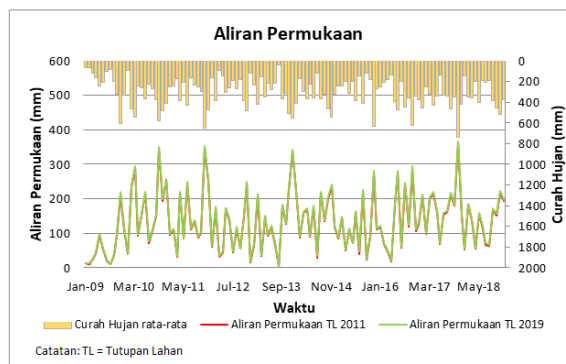
Tabel 12. Koefisien Aliran Permukaan DAS Batang Air Dingin bagian Hulu pada Tahun 2019

Tata Guna Lahan	Koefisien Aliran Permukaan (C)	Luas A (ha)	C DAS
Hutan	0.36	10209.88	
Semak Belukar	0.2	977.32	
Tanah Terbuka	0.2	24.26	0.35
Pemukiman	0.7	65.85	
Luas DAS yang Ditinjau		11277.31	



Koefisien aliran permukaan dari tahun 2011 sampai 2019 mengalami penurunan yang kecil yaitu 0.01. Meskipun terjadi peningkatan luas pemukiman pada tahun 2019 tidak berdampak besar terhadap nilai C pada DAS. Peralihan tata guna lahan dari sawah menjadi semak belukar dari tahun 2011 ke tahun 2019 mengakibatkan penurunan nilai C, disebabkan semak belukar lebih baik dalam proses infiltrasi dibandingkan sawah. Nilai koefisien aliran permukaan pada tata guna lahan tahun 2011 dan 2019 adalah  $0.3 < C < 0.5$  menandakan bahwa kondisi DAS yang mampu menyerap hujan dengan kriteria sedang. Semakin tinggi nilai koefisien aliran permukaan pada suatu DAS maka daya serap lahan semakin kecil. Nilai C pada tata guna lahan 2011 dan 2019 masuk dalam kriteria sedang berdasarkan SK Menhut NOMOR:P.60/Menhut-II/2014

Pengaruh perubahan nilai aliran permukaan pada tata guna lahan 2011 dan 2019 dilakukan pada semua sub-DAS. Pola aliran permukaan pada setiap Sub\_DAS memiliki kesamaan maka penulis hanya menampilkan pola aliran pada sub-DAS 7.



Gambar 8. Grafik aliran permukaan

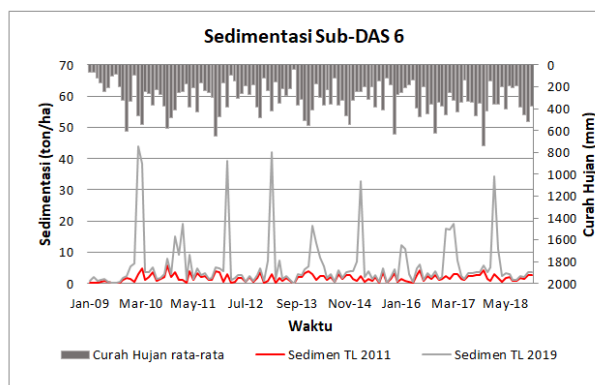
Tabel 13. Aliran permukaan maksimum

Sub-DAS	Aliran Permukaan Rata-rata Maks (mm)		Perubahan (%)
	2011	2019	
	1	337.58	
2	337.72	337.96	0.07
3	337.31	337.45	0.04
4	337.04	339.83	0.83
5	337.04	339.83	0.83
6	336.88	339.38	0.74
7	359.56	366.72	1.99

Pada tata guna lahan 2011 penyumbang aliran permukaan terbesar di sungai batang air dingin adalah sub-DAS 7 dengan tebal aliran permukaan maksimum 359.56 mm dengan tata guna lahan yaitu pemukiman, semak belukar dan hutan. Nilai aliran permukaan pada sub-DAS 1,2,3,4,5 dan 6 hampir sama disebabkan pada daerah tersebut memiliki tata guna lahan yang seragam, baik itu pada tata guna lahan 2011 maupun 2019. Perubahan tata guna lahan terjadi pada tahun 2019 dengan penambahan luas pemukiman menjadi 65.86 ha yang awalnya pada tahun 2011 sebesar 6.95 ha. Penambahan luas pemukiman hanya mempengaruhi penambahan tebal aliran permukaan hanya 1.99%.

### Laju Sedimentasi

Pada penelitian ini perubahan yang sangat besar terjadi pada Sub-DAS 6 peralihan dari hutan menjadi semak belukar dan tanah terbuka. Berikut adalah nilai maksimal sedimentasi dari tahun 2009 sampai 2018 pada DAS Batang Air Dingin bagian hulu dan tengah.



Gambar 9. Grafik Laju Sedimentasi Tertinggi

Laju sedimentasi tertinggi berdasarkan periode 10 tahun terjadi pada tahun 2010. Dari grafik di atas terlihat pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap sedimentasi sangat berpengaruh besar. Berikut adalah data laju sedimentasi per sub-DAS berdasarkan nilai sedimentasi tertinggi yaitu pada tahun 2011.

Tabel 14. Perubahan Laju Sedimentasi Maksimal

Sub-DAS	Sedimentasi Maks (ton/ha/thn)		Perubahan		Kriteria
	2011	2019	ton/ha/thn	(%)	
1	34.99	34.93	-0.06	0.18	Ringan→Ringan
2	17.31	17.26	-0.05	0.30	Ringan→Ringan
3	30.97	31.08	0.10	0.33	Ringan→Ringan
4	26.93	26.86	-0.07	0.26	Ringan→Ringan
5	29.56	117.74	88.18	298.28	Ringan→Sedang
6	31.94	133.83	101.88	318.97	Ringan→Sedang
7	131.20	67.11	-64.09	48.85	Sedang→Sedang

Peningkatan laju sedimentasi terbesar terjadi pada Sub-DAS 6 dari nilai 31.94 ton/ha/thn pada tahun 2011 menjadi 133.83 ton/ha/thn pada tahun 2019 dengan perubahan kategori ringan menjadi sedang, besaran perubahan 101.88 ton/ha.thn yaitu 318.97%. Peningkatan laju sedimentasi yang cukup besar dikarenakan peralihan tata guna lahan dari hutan menjadi semak belukar dan tanah

terbuka. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Departemen Kehutanan tahun 1998.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap aliran permukaan dan laju sedimentasi pada DAS Batang Air Dingin Kota Padang menggunakan model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) dapat diambil kesimpulan.

1. Perubahan tata guna lahan dari tahun 2011 sampai 2019 paling besar terjadi pada hutan yang beralih menjadi semak belukar dan terjadi peningkatan pemukiman sebesar 8 kali dari tahun 2011.
2. Pengaruh perubahan tata guna lahan pada tahun 2011 dan 2019 terhadap aliran permukaan relatif kecil dengan nilai perubahan maksimum hanya 1.89% dan nilai koefisien aliran permukaan pada DAS yaitu 0.35 masuk dalam kriteria sedang.
3. Pengaruh perubahan tata guna lahan pada tahun 2011 dan 2019 terhadap laju sedimentasi terjadi cukup besar dengan nilai perubahan terbesar yaitu 3 kali dari tahun 2011 dengan peningkatan kriteria dari ringan menjadi sedang.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. J. Kodoatie, *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET, 2013.
- [2] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air [Soil and Water Conservation]*. Bogor: IPB Press, 2010.
- [3] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan [Applied hydrology]*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.

- [4] Nursidah, “*Pengembangan Institusi untuk Membangun Kemandirian dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu (Studi Kasus pada Satuan Wilayah Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Arau Sumatera Barat,*” Bogor Agricultural Institute, Bogor, 2012.
- [5] T. Ferijal, “*Prediksi Hasil Limpasan Permukaan Dan Laju Erosi dari Sub Das Krueng Jreu Menggunakan Model Swat,*” *J. Agrista*, vol. 16, pp. 29–38, 2012.
- [6] T. M. Anugrah, “*Validasi Model Swat Di Das Air Dingin Padang,*” Andalas University, 2020.
- [7] F. S. P. Illahi, “*Aplikasi Model Arcswat Untuk Memprediksi Laju Erosi pada Wilayah Das Air Dingin,*” Andalas University, 2020.
- [8] S. Neitsch, J. Arnold, J. Kiniry, and J. Williams, “*Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009,*” *Texas Water Resour. Inst.*, pp. 1–647, 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.063.
- [9] N. Christanto, M. A. Setiawan, A. Nurkholis, S. Istiqomah, J. Sartohadi, and M. P. Hadi, “*Analisis Laju Sedimen DAS Serayu Hulu dengan Menggunakan Model SWAT,*” *Maj. Geogr. Indones.*, vol. 32, no. 1, p. 50, 2018, doi: 10.22146/mgi.32280.
- [10] I. Staddal, “*Analisis Aliran Permukaan Menggunakan Model Swat Di Das Bila Sulawesi Selatan,*” *Jtech*, vol. 4, no. May, pp. 57–63, 2016.
- [11] R. Hambali, Y. Apriyanti, J. “*Studi Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng-Kabupaten Bangka Barat,*” *J. Fropil*, vol. 4, p. 165, 2016.
- [12] S. Baja, *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah [ Land Use Planning in Regional Development]*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2012.
- [13] D. Forestry, *Parameter Penentu Kekritisn Lahan [Land Critical Parameters]*. Indonesia, 1998.
- [14] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI, 2004.
- [15] N. Wahyuningrum and I. B. Pramono, “*Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan Di Sub Das Ngunut I, Jawa Tengah,*” *J. Penelit. Hutan dan Konserv. Alam*, vol. 4, no. 6, pp. 561–571, 2007, doi: 10.20886/jphka.2007.4.6.561-571.
- [16] M. of Forestry, *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 60 /Menhut-II/2014 Tentang Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai [Regulation of the Minister of Forestry of the Republic of Indonesia Number: P. 60 /Menhut-II/2014 concerning Criteria*. Indonesia, 2014.
- [17] T. Herawati, “*Analisis Spasial Tingkat Bahaya Erosi Di Wilayah Das Cisadane Kabupaten Bogor [Spatial Analysis of Erosion Hazard Levels in the Cisadane Regency Watershed Area, Bogor],*” *J. Penelit.*

*Hutan dan Konservasi Alam*, vol. 7, no. 4, pp. 413–424, 2010.

- [18] S. L. Neitsch, J. G. Arnold, J. R. Kiniry, R. Srinivasan, and J. R. Williams, *Soil and Water Assessment Tool Input Output, file documentation*. 2004.
- [19] R. A. Almeida, S. B. Pereira, and D. B. F. Pinto, “*Calibration and validation of the SWAT hydrological model for the Mucuri river basin*,” *Eng. Agrícola*, vol. 38, pp. 55–63, 2018.