

**KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN  
MENGUNAKAN PEMODELAN SWAT (*Soil Water Assesment Tools*)**

**Tesis**

**Oleh**

**APRIADI**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER KEHUTANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

**KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN  
MENGUNAKAN PEMODELAN SWAT (*Soil Water Assesment Tools*)**

Oleh  
**APRIADI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**MAGISTER KEHUTANAN**

Pada

Program Studi Pascasarjana Magister Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER KEHUTANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN MENGUNAKAN PEMODELAN SWAT (*Soil Water Assessment Tools*)

Oleh

APRIADI

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ilahan merupakan salah satu DAS yang berada di hulu DAS Sekampung. Keberadaan DAS Ilahan memberikan peran penting dalam siklus hidrologi Sub DAS Sekampung Hulu. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik hidrologi DAS Ilahan yang dilaksanakan bulan April-Juni 2020. Metode yang digunakan dengan pemodelan SWAT (*Soil Water Assessment Tools*). Karakteristik hidrologi DAS Ilahan berdasarkan hasil penelitian adalah koefisien regim aliran (KRA) sebesar 122,73 (sangat tinggi), dengan debit maksimum 14,74 m<sup>3</sup>/dtk dan debit minimum 0,12 m<sup>3</sup>/dtk; nilai koefisien aliran tahunan (KAT) sebesar 0,419 (tinggi); *surface runoff* sebesar 379,30 mm; *subsurface runoff* sebesar 707,05 mm; *baseflow* sebesar 348,01 mm; hasil air (*water yield*) sebesar 1.401,78 mm; sedimentasi sebesar 2,42 ton/ha dan erosi sebesar 12,38 ton/ha. Skenario tutupan lahan menggunakan RTK-RHL tahun 2014-2029 seluas 430,57 ha, dengan asumsi mengubah tutupan lahan menjadi kebun campuran kerapatan tinggi. Skenario ini hasilnya diprediksi merubah karakteristik hidrologi DAS Ilahan yaitu KRA menurun menjadi 115,08 (sangat tinggi) dengan debit maksimum 14,04 m<sup>3</sup>/dtk dan debit minimum 0,12 m<sup>3</sup>/dtk; nilai KAT menurun menjadi 0,40 (sedang); *surface runoff* menurun menjadi 291,12 mm; *subsurface runoff* meningkat menjadi 759,34 mm; *baseflow* meningkat menjadi 377,86 mm; hasil air (*water yield*) meningkat menjadi 1.412,93 mm; sedimentasi menurun menjadi 1,94 ton/ha dan erosi menurun menjadi 9,93 ton/ha. Skenario RTK-RHL menyebabkan karakteristik hidrologi DAS Ilahan menjadi lebih baik dari kondisi eksisting. Skenario ini belum memperbaiki karakteristik hidrologi DAS Ilahan secara optimal, sehingga direkomendasikan dilakukan pemutakhiran RTK-RHL di DAS Ilahan.

Kata kunci : *Baseflow*, DAS Ilahan, Erosi, Sedimentasi, *Subsurface Runoff*, *Surface Runoff*, *Water yield*.

## **ABSTRACT**

### **HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATERSHED ILAHAN BASED ON SWAT (Soil Water Assessment Tools) MODELING**

**By**

**APRIADI**

The Ilahan Watershed (DAS) is one of the watersheds located upstream of the Sekampung watershed. The existence of the Ilahan watershed plays an important role in the hydrological cycle of the Sekampung Hulu sub-watershed. This research was conducted to analyze the hydrological characteristics of the Ilahan watershed. This research was conducted in April-June 2020. The method used in this study used SWAT (Soil Water Assessment Tools) modeling. The hydrological characteristics of the Ilahan watershed based on the research results are the flow regime coefficient (KRA) of 122.75 (very high), with a maximum discharge of 14.74 m<sup>3</sup>/s and a minimum discharge of 0.12 m<sup>3</sup>/s; annual flow coefficient (KAT) value of 0.419 (high); surface runoff of 379.30 mm; subsurface runoff of 707.05 mm; baseflow of 348.01 mm; water yield is 1,401.78 mm; sedimentation is 2.42 tons/ha and erosion is 12.38 tons/ha. The land cover scenario using RTK-RHL 2014-2029 covers an area of 430.57 ha, assuming that the land cover is converted into a high-density mixed plantation. This scenario is predicted to change the hydrological characteristics of the Ilahan watershed, namely the KRA decreases to 115.08 (very high) with a maximum discharge of 14.04 m<sup>3</sup>/s and a minimum discharge of 0.12 m<sup>3</sup>/s; KAT value decreased to 0.40 (medium); surface runoff decreased to 291.12 mm; subsurface runoff increased to 759.34 mm; baseflow increased to 377.86 mm; water yield increased to 1,412.93 mm; sedimentation decreased to 1.94 tons/ha and erosion decreased to 9.93 tons/ha. The RTK-RHL scenario causes the hydrological characteristics of the Ilahan watershed to be better than the existing conditions. However, it has not improved the hydrological characteristics of the Ilahan watershed optimally, therefore it is recommended to update the RTK-RHL in the Ilahan watershed.

**Keywords:** Baseflow, Erosion, Ilahan Watershed, Sedimentation, Subsurface Runoff, Surface Runoff, Water yield.

Judul Tesis : KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN  
MENGGUNAKAN PEMODELAN SWAT (*Soil  
Water Assesment Tools*)

Nama Mahasiswa : Apriadi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1824151002

Program Studi : Magister Kehutanan

Fakultas : Pertanian

Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing  
Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.  
NIP. 19611020 198603 1 002

Pembimbing Kedua

Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.  
NIP. 19641223 199403 1 003

Pembimbing Ketiga

Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P.  
NIP. 19641226 199303 2 001

2. Ketua Program Studi Magister Kehutanan

Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.  
NIP. 19760123 200604 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si

Sekretaris I : Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.

Sekretaris II : Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P.

Penguji I

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si

Penguji II

Bukan Pembimbing : Yulia Rahma Fitriana, S.Hut., M.Sc., Ph.D.

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.  
NIP. 19611020 198603 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.  
NIP. 19710415 199803 1 005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 7 Juni 2022

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa: Tesis dengan judul **“KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN MENGGUNAKAN PEMODELAN SWAT (*Soil Water Assesment Tools*)”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.

1. Pembimbing penulisan tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 Juni 2022

Pembuat pernyataan,



Apriadi

NPM 1824151002

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Blambangan Umpu pada 10 April 1985, merupakan anak ketujuh dari delapan bersaudara, pasangan Bapak Bakaruddin (alm) dan Ibu Hindun (alm). Penulis memiliki istri bernama Siti Fatimah, S.E. dan saat ini telah dikarunia dua anak perempuan bernama Khairina Alisha Anindya dan Ifra Mikayla Narisha Shazfa.

Jenjang pendidikan penulis dimulai pada tahun 1990 di TK Dharma Wanita Kelurahan Blambangan Umpu, melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri (SDN) I Blambangan Umpu dan selesai pada tahun 1997, penulis meneruskan pendidikan di Sekolah Lanjut Tingkat Pertama Negeri (SLTPN) I Blambangan Umpu dan selesai pada tahun 2000. Pada tahun yang sama penulis meneruskan pendidikan di Sekolah Menengah Umum Negeri (SMUN) I Blambangan Umpu dan lulus pada tahun 2003.

Penulis diterima menjadi mahasiswa Manajemen Hutan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB) pada tahun yang sama. Penulis berhasil mendapatkan gelar Sarjana Kehutanan pada 19 Maret 2008 dan menjadi wisudawan terbaik ke-3 tingkat Fakultas Pertanian pada periode wisuda Maret 2008 dengan menyelesaikan skripsi yang berjudul: Manajemen Kelompok Tani dan Tingkat Keberhasilan Tanaman GNRHL Di Hutan Produksi Desa Gunung Sangkaran Kecamatan Blambangan Umpu Kabupaten Way Kanan. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi Pascasarjana Magister Kehutanan di Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis saat ini bekerja sebagai Aparatur Sipil Negara sebagai Fungsional Pengendali Ekosistem Hutan Tingkat Ahli Muda pada Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Way Seputih Way Sekampung, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

*Dengan rasa syukur kepada Allah SWT  
Kupersembahkan karya ini  
Kepada:*

*Ayah (alm) dan Emak (alm) tercinta, istri dan anakku  
yang selalu memberikan kasih sayang, doa, motivasi,  
dan dukungan.*

*Keluarga Besar BPDASHL Way Seputih Way  
Sekampung yang telah memberikan dukungan selama  
penyelesaian studi Pascasarjana Magister Kehutanan*

*Serta Almamater yang kubanggakan  
Universitas Lampung*

*Hai orang-orang yang beriman hendaklah kamu jadi orang-orang yang selalu menegakkan (kebenaran) karena Allah, menjadi saksi dengan adil. Dan janganlah sekali-kali kebencianmu terhadap sesuatu kaum, mendorong kamu untuk berlaku tidak adil. Berlaku adillah, karena adil itu lebih dekat kepada takwa. Dan bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*  
(QS: Al Maa'idah : 8)

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul

**“KARAKTERISTIK HIDROLOGI DAS ILAHAN MENGGUNAKAN**

**PEMODELAN SWAT (*Soil Water Assessment Tools*). Penulis menyadari bahwa sulit untuk menyelesaikan tesis ini tanpa bantuan dari berbagai pihak.**

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus sebagai Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik Penulis, atas waktu, bimbingan, arahan dan dukungannya selama perkuliahan, penelitian dan penyusunan tesis.
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kehutanan atas bimbingan dan dukungannya selama penyusunan tesis.
5. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si., selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Magister Kehutanan atas bimbingan dan dukungannya selama perkuliahan dan penyusunan tesis.
6. Bapak Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S., selaku Pembimbing kedua atas waktu, bimbingan, arahan dan kesabaran yang telah diberikan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan tesis.
7. Ibu Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P., selaku pembimbing ketiga atas bimbingan, nasehat dan arahnya yang telah diberikan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan tesis.

8. Bapak Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si., selaku Penguji Pertama atas kritikan, masukan, saran dan nasehat yang telah diberikan selama penyusunan tesis ini.
9. Ibu Yulia Rahma Fitriana, S.Hut., M.Sc., Ph.D., selaku Penguji Kedua atas kritikan, masukan, saran dan nasehat yang telah diberikan selama penyusunan tesis ini.
10. Bapak Idi Bantara, S.Hut. T., M.Sc. selaku Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Way Seputih Way Sekampung atas dukungan dan motivasi yang diberikan selama perkuliahan dan penyusunan tesis.
11. Ayah Bakaruddin (alm) dan Emak Hindun (alm) yang tidak sempat melihat putranya menyelesaikan semua ini, yang selalu sabar dan ikhlas dalam mendidik dan membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang. *Hanya doa yang selalu ananda panjatkan semoga Allah menerima semua amal ibadah, diampuni semua dosa-dosanya, dan dimasukkan ke dalam syurga Mu Yaa Allah. Aamiin.*
12. Istriku tercinta Siti Fatimah, S.E. dan anakku tersayang Khairina Alisha Anindya dan Ifra Mikayla Narisha shazfa atas kasih sayang, pengertian, motivasi, dukungan dan kesabaran yang diberikan selama ini.
13. Keluarga besar Sebuay di Way Kanan, Mimi, Mamo dan keluarga besar di Cirebon atas doa, dukungan dan motivasinya yang diberikan selama ini.
14. Dr. Sri Malahayati Yusuf, S.P., M.Si. (Dosen Bioteknologi Tanah dan Lingkungan, IPB) yang telah memberikan arahan, masukan dan saran dalam penelitian.
15. Bapak Taufik Aulia, S.Hut., M.Sc. selaku Kepala Seksi Evaluasi, dan pejabat struktural eselon IV, rekan-rekan kerja Fajri, Alfi, Bang Wahyu, Nining, Bu Wiwi, Mas Slamet, Pak Firman, Pak Bandi, Bang Yaya, Ucok, Ade, Bela, Widi, dan Fiya serta keluarga besar BPDASHL Way Seputih Way Sekampung yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas dukungan, motivasi, kebersamaan dan kekeluargaannya selama ini.

16. Sahabat seperjuangan Magister Kehutanan angkatan 2018 (Bang Jack M. Pah, Nano Suryono dan Alawiyah) atas persahabatan, doa, dukungan serta kebersamaan kepada penulis.
17. Staf Administrasi Pascasarjana Fakultas Pertanian (Rayi, Mbak Fitri, Mas Edi dan Mas Udin) yang telah membantu dalam perkuliahan dan penelitian.
18. Serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini semoga Allah SWT dapat membalaskan kebaikan kepada kalian semua.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, namun semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Aamiin

Bandar Lampung, 7 Juni 2022  
Penulis

**Apriadi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Kerangka Pemikiran .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	7
2.2. Karakteristik Hidrologi DAS .....	9
2.2.1. Limpasan Permukaan ( <i>surface runoff</i> ) .....	9
2.2.2. Limpasan Bawah Permukaan ( <i>subsurface runoff</i> ) .....	9
2.2.3. Koefisien Aliran Tahunan .....	10
2.2.4. Aliran dasar/aliran bawah permukaan ( <i>baseflow</i> ) .....	11
2.2.5. Hasil Air ( <i>wateryield</i> ) .....	11
2.2.6. Koefisien Regim Aliran (KRA) .....	12
2.2.7. Sedimentasi .....	12
2.2.8. Erosi .....	13
2.3. Sistem Hidrologi Daerah Aliran Sungai .....	14
2.4. Model Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	15
2.5. Model SWAT .....	16
a. Karakteristik DAS .....	17
b. Iklim .....	18
c. Tanah .....	18
d. Tutupan dan Pengelolaan Lahan .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2. Alat dan Bahan .....	22
3.3. Metode .....	22
1. Data Primer .....	22
2. Data Sekunder .....	23
3.4. Analisis Data .....	24
1. Parameter Input Model SWAT .....	24
a. Karakteristik tanah .....	24
b. Karakteristik tutupan lahan .....	25

c. Karakteristik Iklim .....	25
d. Karakteristik Lereng .....	26
2. Menjalankan Model SWAT .....	26
a. Deliniasi DAS .....	26
b. Pembentukan HRU .....	27
c. Pendefinisian Data Iklim dan Data Input Tabel Lainnya .....	27
d. Perbaikan Data Masukan Model .....	28
e. <i>Setup dan Run SWAT</i> .....	28
f. Output Model .....	29
3. Akurasi Model (Kalibrasi dan Validasi) .....	29
4. Skenario Tutupan Lahan .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Kondisi Umum DAS Ilahan .....	31
4.2. Parameter Masukan Model .....	31
4.2.1. Topografi .....	31
4.2.2. Tanah .....	35
4.2.3. Iklim .....	39
4.2.4. Tutupan Lahan .....	41
4.3. Akurasi Model (Kalibrasi dan Validasi) .....	45
4.4. Analisis Model SWAT DAS Ilahan .....	51
4.4.1. Deliniasi DAS dan Sub DAS .....	51
4.4.2. Analisis Eksisting Hidrologi DAS Ilahan .....	53
a. Koefisien Regim Aliran (KRA) DAS Ilahan .....	54
b. Koefisien Aliran Tahunan (KAT) DAS Ilahan .....	56
c. Aliran Dasar ( <i>baseflow</i> ) .....	58
d. Hasil Air ( <i>wáter yield</i> ) .....	59
e. Sedimentasi dan Erosi.....	60
4.4.3. Analisis Hidrologi pada skenario RTK-RHL pada DAS Ilahan .....	62
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	72
B. Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	74
<b>LAMPIRAN</b> .....	78

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Aliran Tahunan (KAT).....	11
Tabel 2. Klasifikasi Koefisien Regin Aliran.....	12
Tabel 3. Hubungan antara luas DAS dengan rasio penghantaran sedimen....	14
Tabel 4. Parameter pengamatan sampel tanah.....	14
Tabel 5. Data iklim yang digunakan pemodelan.....	26
Tabel 6. Nilai NSE Kalibrasi.....	30
Tabel 7. DAS Ilahan berdasarkan kelas lereng.....	32
Tabel 8. Karakteristik tanah DAS Ilahan lapisan 1.....	37
Tabel 9. Karakteristik tanah DAS Ilahan lapisan 2.....	38
Tabel 10. Karakteristik tanah DAS Ilahan lapisan 3.....	38
Tabel 11. Pembangkit iklim Stasiun BMKG Branti 2014-2019.....	40
Tabel 12. Karakteristik tutupan lahan DAS Ilahan.....	41
Tabel 13. Karakteristik tutupan lahan DAS Ilahan berdasarkan hasil <i>grouncheck</i> .....	43
Tabel 14. Parameter awal karakteristik tutupan lahan.....	45
Tabel 15. Karakteristik tutupan lahan pada DAS Ilahan.....	47
Tabel 16. Input parameter yang memiliki sensitif pada kalibrasi kondisi hidrologi DAS Ilahan.....	47
Tabel 17. Data sedimentasi aktual dan sedimentasi simulasi DAS Ilahan.....	49
Tabel 18. Luas DAS dan Sub DAS Ilahan berdasarkan deliniasi SWAT.....	51
Tabel 19. Karakteristik eksisting hidrologi DAS Ilahan Tahun 2019.....	54
Tabel 20. Karakteristik eksisting KRA DAS dan Sub DAS Ilahan Tahun 2019.....	55
Tabel 21. Koefisien aliran tahunan DAS Ilahan ahun 2019.....	55
Tabel 22. Aliran dasar ( <i>baseflow</i> ) pada DAS Ilahan.....	58
Tabel 23. Kondisi eksisting hasil air ( <i>water yield</i> ) pada DAS Ilahan.....	59
Tabel 24. Kondisi eksisting sedimentasi dan erosi pada DAS Ilahan.....	60
Tabel 25. Perubahan tutupan lahan dengan skenario RHL di DAS Ilahan.....	64
Tabel 26. Neraca Air dengan Skenario RTk-RHL pada DAS Ilahan.....	67
Tabel 27. Perubahan karakteristik hidrologi DAS Ilahan kondisi eksisting dan penerapan RTk-RHL.....	68

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan Alir Kerangka Pemikiran .....	5
Gambar 2. Peta Situasi DAS Ilahan .....	21
Gambar 3. Peta Kontur DAS Ilahan .....	33
Gambar 4. Peta DEM 5 x 5 M DAS Ilahan .....	34
Gambar 5. Satuan Peta Tanah (SPT) DAS Ilahan .....	36
Gambar 6. Peta Tutupan Lahan DAS Ilahan .....	44
Gambar 7. (a) Akurasi model antara debit aktual dan debit simulasi nilai NSE setelah dikalibrasi (b). Hubungan debit aktual dan debit simulasi .....	46
Gambar 8. (a) Akurasi model antara debit aktual dan debit simulasi nilai NSE (b). Hubungan debit aktual dan debit simulasi setelah dikalibrasi .....	48
Gambar 9. (a) Akurasi model antara sedimentasi aktual dan sedimentasi simulasi nilai NSE (b). Hubungan sedimentasi aktual dan sedimentasi simulasi setelah dikalibrasi .....	50
Gambar 10. Peta DAS dan Sub DAS Ilahan .....	53
Gambar 11. Karakteristik hidrologi eksisting DAS Ilahan berdasarkan Berdasarkan hasil simulasi SWAT (sumber: Run Swat Check hasil simulasi) .....	53
Gambar 12. Rencana Kegiatan RHL di DAS Ilahan.....	62
Gambar 13. Skenario tutupan lahan hasil RHL .....	65
Gambar 14. Debit Aliran DAS Ilahan kondisi eksisting dan kondisi hasil skenario RTK-RHL .....	66
Gambar 15. Muatan sedimen DAS Ilahan kondisi eksisting dan kondisi hasil skenario RTK-RHL.....	66
Gambar 16. Karakteristik hidrologi DAS Ilahan hasil skenario RTK-RHL.....	66

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Berdasarkan Undang-undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air, bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Menurut Mubarak *et al.* (2014) dan Yusuf *et al.* (2021), bahwa karakteristik DAS sangat berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi. Daerah aliran sungai (DAS) yang dikelola dengan baik akan berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi yang baik dan memberikan manfaat dalam kehidupan makhluk hidup.

Rencana Strategis Kementerian Kehutanan Tahun 2015 – 2019 menyebutkan bahwa DAS Sekampung merupakan salah satu dari 15 DAS prioritas nasional. Diketahui bahwa DAS Sekampung menjadi prioritas nasional disebabkan tingginya frekuensi banjir dan tanah longsor, kualitas air di berbagai sungainya semakin turun serta ketersediaan air semakin sedikit untuk mendukung ketahanan pangan dan energi (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

Pemerintah dalam berbagai sektor melakukan upaya dalam mendukung kebutuhan masyarakat di DAS Sekampung. Pembangunan bendungan Sekampung merupakan salah satu program pemerintah yang memiliki kapasitas tampung 68 juta m<sup>3</sup>, memberikan pasokan air irigasi seluas

72.707 ha, potensi listrik 5,4 MW dan mereduksi banjir 185 m<sup>3</sup>/detik. Bendungan Sekampung juga akan menyediakan air baku untuk Kota Bandar Lampung, Kota Metro dan Kabupaten Lampung Selatan sebesar 2,48 m<sup>3</sup>/detik (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019). Bendungan ini akan berfungsi secara optimal bila didukung karakteristik hidrologi yang baik, dimana karakteristik hidrologi sangat ditentukan oleh kondisi hulu DAS.

Salah satu hulu dari DAS Sekampung adalah DAS Ilahan yang memberikan peran sebagai pemasok air, resapan air dan sedimentasi pada fungsi hidrologi Sub DAS Sekampung Hulu. Beberapa bagian Sub DAS Sekampung Hulu telah banyak dilakukan penelitian terkait karakteristik hidrologinya, Banuwa (2008); Somura *et al.*(2018); Yustika *et al.*(2019). Pada DAS Ilahan belum pernah dilakukan penelitian. Berdasarkan hal tersebut, karakteristik hidrologi DAS Ilahan menjadi penting untuk dilakukan penelitian, dalam mendukung data dan informasi pada karakteristik hidrologi Sekampung Hulu secara komprehensif.

Menurut data Badan Informasi dan Geospasial (2015), DAS Ilahan memiliki luas 2.969,63 ha, secara administratif berada di delapan desa yakni Desa Air Bakoman, Sri Menganten, Sumber Mulya Kecamatan Pulau Panggung; Desa Datarajan, Ulu Belu, Muara Dua, dan Pagar Alam Kecamatan Ulu Belu; dan Desa Air Naningan Kecamatan Air Naningan; Kabupaten Tanggamus. Berdasarkan status kawasan, DAS Ilahan 83,54% berada di dalam kawasan hutan dan 16,46% berada di luar kawasan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Daerah Aliran Sungai (DAS) Ilahan sebagian besar berada di dalam kawasan hutan sehingga pengaruh kawasan terhadap karakteristik hidrologi DAS Ilahan sangat besar.

Menurut Supatmanto dan Yusuf (2015), Analisis karakteristik hidrologi salah satunya dapat dilakukan dengan metode pemodelan. Karakteristik hidrologi DAS dapat dianalisis menggunakan model hidrologi salah satunya yaitu

model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Pemodelan ini dikembangkan untuk memprediksi pengaruh praktik pengelolaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, sedimen dan hasil kimia pertanian di daerah aliran sungai yang kompleks dengan berbagai tanah, penggunaan lahan dan pengelolaannya dalam jangka waktu yang lama (Neitsch *et al.*, 2011). Kelebihan penggunaan model SWAT adalah dapat mengetahui karakteristik hidrologi secara komprehensif dengan waktu yang efisien (Arnold *et al.*, 2012).

Permodelan SWAT yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menganalisis karakteristik hidrologi eksisting dan skenario kegiatan pengelolaan DAS Ilahan. Karakteristik hidrologi DAS yang dianalisis yaitu limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran bawah permukaan (*subsurface runoff*), aliran dasar (*baseflow*), hasil air (*wateryield*), sedimentasi dan erosi. Skenario pengelolaan DAS dilakukan dengan mensimulasi tutupan lahan berdasarkan Rencana Teknik RHL (RTk-RHL) di DAS Ilahan. Hal ini sejalan dengan penelitian Yusuf (2010), bahwa model hidrologi dapat digunakan untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi. Skenario ini diharapkan menjadi data dan informasi dan bahan pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan DAS Ilahan.

## 1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis Nilai Koefisien Regim Aliran (KRA) di DAS Ilahan
2. Menganalisis Koefisien Aliran Tahunan (KAT), aliran permukaan (*surface runoff*) dan aliran bawah permukaan (*subsurface runoff*) di DAS Ilahan
3. Menganalisis aliran dasar (*baseflow*) di DAS Ilahan
4. Menganalisis hasil air (*water yield*) di DAS Ilahan
5. Menganalisis sedimentasi dan erosi di DAS Ilahan
6. Merancang skenario tutupan lahan untuk memperbaiki karakteristik hidrologi di DAS Ilahan

### 1.3. Kerangka Pemikiran

Menurut Arsyad (2010), faktor yang mempengaruhi karakteristik hidrologi DAS adalah karakteristik iklim dan biofisik. Karakteristik iklim meliputi: curah hujan, temperatur udara, radiasi matahari, kelembapan udara dan kecepatan angin. Sedangkan, Karakteristik Biofisik meliputi karakteristik lereng (kemiringan lereng dan panjang lereng), karakteristik tutupan lahan dan karakteristik tanah.

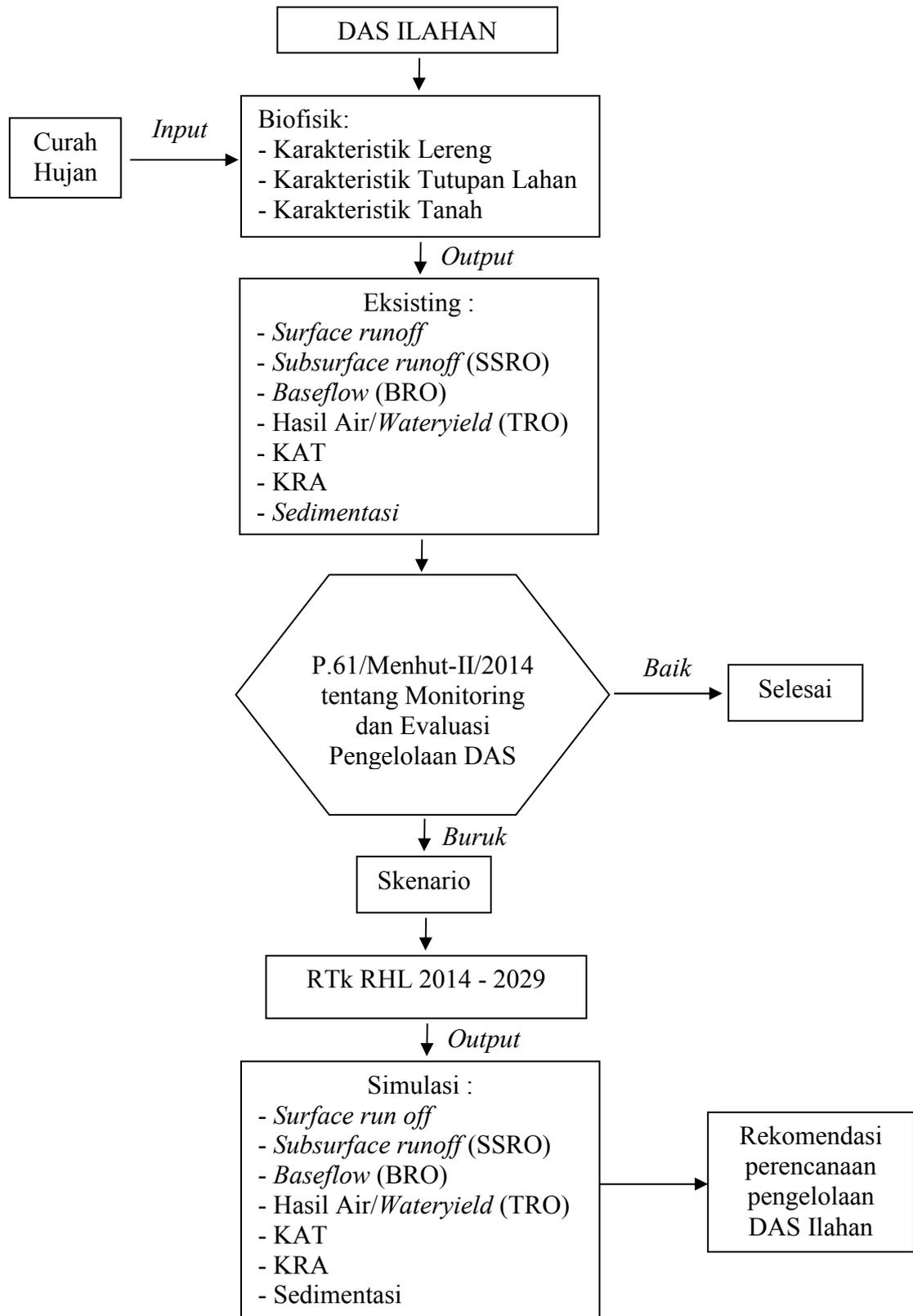
Kecuraman lereng mempengaruhi aliran permukaan, semakin curam lereng memperbesar kecepatan aliran permukaan sehingga memperbesar energi angkut aliran permukaan dan erosi. Selain itu, tutupan lahan merupakan salah satu faktor yang sangat dipengaruhi oleh manusia. Hujan yang turun akibat pengaruh gravitasi akan jatuh langsung ke bumi atau tertahan sementara oleh tutupan lahan ada di atasnya. Tutupaan lahan dengan vegetasi rapat dengan strata tajuk rapat akan menahan energi air hujan yang jatuh. Hujan akan tertahan sementara pada tajuk, batang, ranting bahkan serasah di bawahnya. Air hujan perlahan masuk kedalam pori-pori tanah atau menjadi aliran permukaan. Kapasitas infiltrasi hanya dapat dipelihara jika porositas semula tetap tidak terganggu selama berlangsungnya hujan. Tanah yang mudah terdispersi akan tertutup pori-porinya sehingga kapasitas infiltrasi cepat menurun. Tanah-tanah yang agregatnya stabil akan menjaga kapasitas infiltrasi tetap tinggi (Arsyad, 2010).

Berdasarkan hal tersebut maka sangat penting dilakukannya penelitian tentang karakteristik hidrologi pada DAS Ilahan. Karakteristik hidrologi DAS dapat dianalisis dengan metode pemodelan. Pemodelan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode SWAT (*Soil Water Assessment Tools*) sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial Nomor: P.2/V-SET/2015 tentang Petunjuk Teknis Pemanfaatan Model Hidrologi dalam Pengelolaan DAS.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kondisi eksisting hidrologi DAS Ilahan. Parameter karakteristik hidrologi yang dianalisis adalah koefisien regim aliran (KRA), koefisien aliran tahunan (KAT), aliran permukaan

(*surface run off*), aliran bawah permukaan (*Subsurface runoff*), aliran dasar (*baseflow*), aliran badan sungai (*water yield*), sedimentasi dan erosi.

Hidrologi DAS dapat diperbaiki dengan rekayasa tutupan lahan. Pengaruh tutupan lahan terhadap karakteristik hidrologi telah banyak dibuktikan pada berbagai penelitian Banuwa (2009); Sunandar *et al.* (2016); Khare *et al.* (2015). Skenario tutupan lahan memungkinkan dapat diterapkan pada DAS Ilahan mengacu pada RTk-RHL (Rencana Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan) tahun 2014 – 2029. Skenario tutupan lahan dilakukan dengan mensimulasi karakteristik hidrologi setelah dilakukan perubahan tutupan lahan. Dampak perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik hidrologi ini diharapkan menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan pada DAS Ilahan.



Gambar 1. Bagan Alir kerangka pemikiran

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan Undang-undang nomor 37 tahun 2014 tentang Konservasi Tanah dan Air, bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit – bukit atau gunung, maupun batas batuan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (outlet) (Suripin, 2002). Kodoatie dan Sugiyanto (2002), mendefinisikan DAS sebagai suatu kesatuan daerah/ wilayah/kawasan tata air yang terbentuk secara alamiah dimana air tertangkap (berasal dari curah hujan), dan akan mengalir dari daerah/wilayah/kawasan tersebut menuju ke arah sungai dan sungai yang bersangkutan. Disebut juga Daerah Pengaliran Sungai (DPS) atau Daerah Tangkapan Air (DAS). Dalam bahasa Inggris ada beberapa macam istilah yaitu *Catchment Area*, *Watershed*.

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah aliran sungai (DAS), menyatakan bahwa Daerah Aliran Sungai adalah 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. DAS bukan hanya merupakan badan sungai, tetapi satu kesatuan seluruh ekosistem yang ada didalam pemisahtopografis. Pemisah topografis di darat berupa daerah yang paling tinggi biasanya punggung bukit yang merupakan batas antara satu DAS dengan DAS lainnya.

Daerah aliran sungai dibagi menjadi tiga bagian yaitu daerah hulu, tengah, dan hilir. Asdak (2010), menyatakan bahwa secara biogeofisik, daerah hulu DAS dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut : merupakan daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15%, bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut : merupakan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai dengan sangat kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi hutan bakau/ gambut. Daerah aliran sungai bagian tengah merupakan daerah transisi daerah dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda tersebut di atas. Beberapa kelebihan menggunakan pendekatan DAS, antara lain :

1. Pendekatan DAS lebih holistik dan dapat digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara faktor biofisik dan sosial ekonomi lebih mudah dan cepat;
2. DAS mempunyai batas alam yang jelas dilapangan;
3. DAS mempunyai keterkaitan yang sangat kuat antara hulu dan hilir sehingga mampu menggambarkan perilaku air akibat perubahan karakteristik lanskap.

Adanya outlet dimana air akan terakumulasi, sehingga aliran air dapat ditelusuri. Fungsi dari suatu DAS terganggu, maka sistem hidrologi akan terganggu, penangkapan curah hujan, resapan dan penyimpanan airnya sangat berkurang, atau memiliki aliran permukaan (*run off*) yang tinggi. Vegetasi penutup dan tipe penggunaan lahan akan kuat mempengaruhi aliran sungai, sehingga adanya perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada aliran sungai. Fluktuasi debit sungai yang sangat berbeda antara musim hujan dan kemarau, menandakan fungsi DAS yang tidak bekerja dengan baik. Indikator kerusakan DAS dapat ditandai oleh perubahan perilaku hidrologi, seperti tingginya frekuensi kejadian banjir (puncak aliran) dan meningkatnya proses erosi dan sedimentasi serta menurunnya kualitas air (Mawardi, 2010). Sucipto (2008) dan Wulandari *et al.* (2019), menyatakan bahwa upaya pengelolaan Daerah Aliran Sungai harus dilaksanakan secara optimal melalui pemanfaatan sumberdaya alam secara berkelanjutan.

## **2.2. Karakteristik Hidrologi DAS**

### **2.2.1. Limpasan Permukaan (*Surface runoff*)**

Berdasarkan Perdirjen BPDASPS No.P2/V-SET/2015 Tentang Petunjuk Teknis Pemanfaatan Model Hidrologi Dalam Pengelolaan DAS, Limpasan permukaan (*Surface runoff*) adalah bagian limpasan yang melintas di atas permukaan tanah menuju saluran sungai. Menurut Asdak (2014), Limpasan permukaan (*Surface runoff*) merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah.

### **2.2.2. Limpasan Bawah Permukaan (*Subsurface runoff*)**

Limpasan bawah permukaan (*Subsurface runoff*) adalah bagian limpasan permukaan yang disebabkan oleh bagian air hujan yang

terinfiltrasi/merasap ke dalam tanah dan bergerak secara lateral melalui horizon-horizon tanah bagian atas. *subsurface runoff* adalah bagian dari curah hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah, kemudian mengalir dan bergabung dengan aliran debit. Aliran bawah permukaan merupakan bagian aliran sungai yang dihasilkan dari lapisan bawah permukaan tetapi di atas zona dimana batuan jenuh oleh air.

Limpasan bawah permukaan (*Subsurface runoff*) merupakan penyumbang debit yang cukup besar di daerah yang berhutan. Aliran bawah permukaan pada profil tanah (0 – 2 m) dihitung secara bersamaan dengan redistribusi. Model simpanan kinematik digunakan untuk memperdiksi aliran bawah permukaan pada masing-masing lapisan tanah dan memperhitungkan variasi konduktivitas, lereng dan kadar air kelembapan tanah (BPDASPS, 2015).

### 2.2.3. Koefisien Aliran Tahunan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No. 61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS bahwa KAT atau nilai c Koefisien Aliran Tahunan (KAT) adalah perbandingan antara tebal aliran tahunan (Q, mm) dengan tebal hujan tahunan (P, mm) di DAS atau dapat dikatakan berapa persen curah hujan yang menjadi aliran (*run off*) di DAS tersebut. Tebal aliran (Q) diperoleh dari volume debit (Q, dalam satuan m<sup>3</sup>) dari hasil pengamatan SPAS di DAS selama satu tahun atau perhitungan rumus dibagi dengan luas DAS (ha atau m<sup>3</sup>) yang kemudian dikonversi ke satuan mm. Sedangkan tebal hujan tahunan (P) diperoleh dari hasil pencatatan *Automatic Rainfall Recorder* (ARR) dan atau ombrometer. Klasifikasi koefisien aliran tahunan disajikan sebagaimana Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Klasifikasi koefisien aliran tahunan (KAT)

No	Nilai	Kelas
1	$KAT \leq 0,2$	Sangat rendah
2	$0,2 < KAT \leq 0,3$	Rendah
3	$0,3 < KAT \leq 0,4$	Sedang
4	$0,4 < KAT \leq 0,5$	Tinggi
5	$KAT > 0,5$	Sangat tinggi

Sumber : Permenhut nomor P.61/Menhut-II/2014

#### 2.2.4. Aliran dasar/aliran bawah tanah (*Baseflow*)

*Baseflow* adalah volume aliran sungai yang berasal dari air bawah tanah. SWAT membagi air bawah tanah ke dalam dua sistem akuifer yaitu (1) akuifer dangkal, akuifer tidak tertekan yang memberikan kontribusi aliran dasar ke sungai di dalam DAS, (2) akuifer dalam, akuifer di luar DAS (Neitsch et al., 2005). Air yang meresap melewati bagian bawah zona akar dikelompokkan ke dalam dua fraksi masing-masing fraksi sebagai recharge untuk masing-masing akuifer. Sebagai tambahan untuk aliran dasar, air yang tersimpan pada akuifer dangkal akan menambah kelembaban profil tanah pada kondisi sangat kering atau dipindahkan secara langsung oleh tanaman. Menurut Arsyad (2010), Aliran bawah tanah adalah aliran air yang masuk dan terpekolasi jauh ke dalam tanah menjadi air bawah tanah (*ground water*). Air bawah tanah mengalir didalam tanah dengan lambat masuk ke dalam sungai dan danau. Air bawah tanah tidak mengandung bahan tersuspensi atau kapur sehingga kelihatan jernih. Air bawah tanah merupakan sumber air bagi sungai, danau atau waduk atau reservoir pada musim kemarau.

#### 2.2.5. Hasil Air (*Water yield*)

Hasil Air adalah total limpasan dari suatu Daerah Pengaliran Air (*drainage basin*) yang disalurkan melalui saluran air permukaan dan akuifer/*reservoir* air tanah. (Ditjen BPDASPS, 2015). Hasil air (*water yield*)

adalah jumlah aliran air (volume) pada periode tertentu, periode hujan, bulanan atau tahunan (Asdak, 2014).

### 2.2.6. Koefisien Rezim Aliran (KRA)

Berdasarkan Peraturan menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS, Koefisien Rezim Aliran (KRA) adalah perbandingan antara debit maksimum ( $Q_{maks}$ ) dengan debit minimum ( $Q_{min}$ ) dalam suatu DAS. Nilai KRA adalah perbandingan  $Q_{maks}$  dengan  $Q_{min}$ , yang merupakan debit ( $Q$ ) absolut dari hasil pengamatan SPAS atau perhitungan rumus. Nilai KRA yang tinggi menunjukkan bahwa kisaran nilai limpasan pada musim penghujan (air banjir) yang terjadi besar, sedang pada musim kemarau aliran air yang terjadi sangat kecil atau menunjukkan kekeringan. Secara tidak langsung kondisi ini menunjukkan bahwa daya resap lahan di DAS kurang mampu menahan dan menyimpan air hujan yang jatuh dan air limpasannya banyak yang terus masuk ke sungai dan terbuang ke laut sehingga ketersediaan air di DAS saat musim kemarau sedikit.

Tabel 2. Klasifikasi Koefisien Regim Aliran

No	Nilai	Kelas
1	$KRA \leq 20$	Sangat rendah
2	$20 < KRA \leq 50$	Rendah
3	$50 < KRA \leq 80$	Sedang
4	$80 < KRA \leq 110$	Tinggi
5	$KRA > 110$	Sangat tinggi

Sumber : Permenhut nomor P.61/Menhut-II/2014

### 2.2.7. Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses perpindahan dan pengendapan hasil erosi tanah, khususnya hasil erosi permukaan dan erosi parit. Sedimentasi menggambarkan material tersuspensi (*suspended load*) yang diangkut dari proses sedimentasi, hanya sebagian material aliran sedimen di sungai yang

diangkut keluar dari DAS, sedang yang lain mengendap di lokasi tertentu di sungai selama menempuh perjalannya (Ditjen BPDASPS, 2015).

#### 2.2.8. Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat terkikis dan terangkut kemudian diendapkan pada suatu tempat lain (Arsyad, 2010).

Erosi secara berurutan akan menimbulkan akibat pada tempat kejadian erosi (*on site*) dan pada tempat erosi diendapkan di bagian hilir (*off site*). Dampak erosi di tempat kejadian (*on site*) antara lain menurunkan kesuburan tanah karena hilangnya lapisan tanah yang subur, menurunnya kualitas sifat fisik tanah karena hilangnya lapisan tanah atas yang subur, menurunnya kualitas fisik tanah karena hilangnya bahan organik tanah, menurunnya kualitas infiltrasi dan menurunnya produktivitas lahan pertanian. Dampak erosi hilir (*off site*) meliputi: rendahnya kualitas dan nilai kegunaan air sungai, sedimentasi di waduk dan saluran air, perusakan anak sungai dan lahan, dan perubahan regim hidrologis sungai (Arsyad, 2010).

Menurut Banuwa (2013), Aliran permukaan bertanggung jawab terjadinya erosi, karena aliran permukaan ini akan mengangkut tanah dan bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Hujan yang jatuh menimpa tanah–tanah terbuka, menyebabkan tanah terdispersi. Sebagian air hujan yang jatuh tersebut akan mengalir di atas permukaan tanah. Banyaknya air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah tergantung hubungan antara jumlah dan intensitas hujan dengan kapasitas infiltrasi tanah dan kapasitas tanah menyimpan air. Kekuatan perusakan air yang mengalir di atas permukaan tanah akan

semakin besar dengan semakin curam dan semakin panjang lereng permukaan tanah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan nomor: P.61/Menhut-II/2014) tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS, bahwa metode yang digunakan untuk menghitung nilai erosi menggunakan pendekatan hasil prediksi sedimen dengan rumus :

$$A = MS / SDR$$

Keterangan:

A = Erosi (ton/ha/thn)

MS = Muatas Sedimen (ton/ha/thn)

SDR = Nisbah Penghantar Sedimen (*Sediment Delivery Ratio*)

Tabel 3. Hubungan antara luas DAS dengan rasio penghantaran sedimen

No	Luas DAS (ha)	SDR (%)
1	10	53
2	50	39
3	100	35
4	500	27
5	1.000	24
6	5.000	15
7	10.000	13
8	20.000	11
9	50.000	8,5
10	2.600.000	4,9

Sumber : P.61/Menhut-II/2014) tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS

### 2.3. Sistem Hidrologi Daerah Aliran Sungai

Dalam hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tataguna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2010).

Konsep siklus hidrologi (*hydrology cycle*) menjadikan dasar pemikiran untuk mempelajari siklus hidrologi DAS sebagaimana siklus hidrologi dalam skala luas (benua). DAS sebagai suatu sistem yang alami menjadi tempat berlangsungnya proses fisik hidrologis menjadi sarana untuk mempelajari respons hidrologi yang terjadi. Pengetahuan tentang proses-proses hidrologi dalam ekosistem DAS bermanfaat bagi pengembangan sumber daya air dalam skala DAS.

Faktor faktor yang berperan dalam menentukan sistem hidrologi terutama tata guna lahan dan kemiringan dan panjang lereng dapat direkayasa oleh manusia. Perubahan penggunaan lahan (perubahan dari lahan pertanian menjadi hutan atau bentuk penggunaan lahan lainnya) serta pengaturan kemiringan dan panjang lereng (misalnya pembuatan teras) menjadi salah satu fokus aktifitas perencanaan pengelolaan DAS (Asdak, 2010).

#### **2.4. Model Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Model hidrologi DAS yang utama terdiri dari 3 tipe yaitu model fisik, analog dan digital (Arsyad, 2010). Model fisik merupakan model dalam skala lebih kecil keadaan sebenarnya yang dibuat di laboratorium dengan asumsi bahwa terdapat kesamaan dinamik antara model dengan keadaan sebenarnya. Model analog merupakan model yang menggunakan sistem mekanikal atau listrik yang analog dengan sistem yang diselidiki, contohnya adalah aliran arus listrik yang digunakan untuk mensimulasi aliran air. Model digital terdiri dari model deterministik, model stokhastik dan model parametrik.

Model deterministik merupakan model yang didasarkan pada persamaan matematik untuk menjelaskan proses yang berperan dalam model dengan memperhitungkan hukum kontinuitas atau konservasi massa dan energi. Model stokhastik didasarkan atas pengembangan urutan sintetik data yang berasal dari sifat statistik data contoh yang tersedia; berguna untuk menghasilkan urutan masukan bagi model deterministik dan parametrik jika

data yang tersedia hanya dari pengamatan pendek. Model parametrik didasarkan atas penggunaan hubungan yang secara statistik nyata antara perubah-perubah yang dianggap penting dari sejumlah data yang cukup tersedia. Berdasarkan tipe analisis, model parametrik terbagi atas kotak hitam (hanya masukan dan keluaran utama yang ditelaah), kotak kelabu (sistem telaah cara kerja agak detail), dan kotak putih (semua rincian bagaimana sistem itu bekerja dikemukakan).

## 2.5. Model SWAT

Menurut (Neitsch et al. 2011) bahwa SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*) merupakan model hidrologi yang dikembangkan untuk memprediksi pengaruh pengelolaan lahan terhadap hasil air, sedimen, muatan pestisida dan kimia hasil pertanian yang masuk ke sungai atau badan air pada suatu DAS yang kompleks dengan tanah, penggunaan lahan dan pengelolaannya yang bermacam-macam sepanjang waktu yang lama. Model SWAT dikembangkan dengan menggunakan interface Sistem Informasi Geografis, dikenal dengan ArcSWAT, sehingga dibutuhkan software ArcGIS untuk dapat menjalankan ArcSWAT. Software pendukung lainnya yaitu SWATCheck yang berfungsi untuk memeriksa secara umum apakah hasil running sudah relatif benar atau belum.

Berdasarkan Perdirjen BPDASPS No.P2/V-SET/2015 Tentang Petunjuk Teknis Pemanfaatan Model Hidrologi Dalam Pengelolaan DAS, proses running pada model SWAT terdiri dari 3 tahapan utama yaitu (1) tahap pertama merupakan tahap membuat batas DAS dan Sub DAS, (2) tahap kedua merupakan tahap pembentukan HRU (Hydrology Respon Unit) dan (3) tahap ketiga merupakan tahap SWAT Setup and Run. Pada menu ArcSWAT terdapat menu SWAT Editor yang akan membantu pengguna dalam mengedit beberapa data input untuk disesuaikan dengan daerah kajian. Menu tersebut juga sangat membantu pengguna dalam merencanakan simulasi pengelolaan daerah aliran sungai.

Parameter yang dibutuhkan model SWAT terdiri dari karakteristik DAS (saluran sungai), iklim, tanah, tutupan dan pengelolaan lahan. Setiap parameter tersebut terdiri dari nilai-nilai dan data spasialnya. Peta spasial yang diinput ke dalam model SWAT sudah harus dalam proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM).

a. Karakteristik DAS (data karakteristik saluran sungai)

Parameter karakteristik DAS (saluran sungai) meliputi lebar sungai/CH\_W(2), kedalaman sungai (CH\_D), kemiringan lereng/CH\_S(2), panjang lereng/CH\_L(2), koefisien kekasaran saluran untuk saluran sungai utama (Koefisien n Manning's/CH\_N(2)) dan anak sungai (Koefisien n Manning's/CH\_N(1)), konduktivitas hidrolis efektif pada saluran/CH\_K(2), faktor erodibilitas saluran/CH\_COV1, dan faktor tutupan saluran/CH\_COV2. Nilai CH\_COV1 dan CH\_COV2 ditentukan setelah pengguna menentukan metode yang digunakan untuk penelusuran sedimen/CH\_EQN. Apabila metode yang dipilih adalah Simplified Bagnold Equation maka nilai faktor erodibilitas saluran dan faktor tutupan saluran.

Data lebar sungai, kedalaman sungai, kemiringan lereng, dan panjang lereng akan dibangkitkan melalui peta Digital Elevation Model (DEM) yang diinput oleh pengguna pada saat menjalankan model SWAT. Peta DEM dapat diperoleh dari peta SRTM (Shuttle Radar Thematic Mapper), peta ASTER, ataupun dari peta kontur. Meski data-data tersebut dibangkitkan melalui DEM, perlu adanya pengecekan lapangan seperti lebar dan kedalaman sungai. Hal ini sangat diperlukan dalam rangka memastikan bahwa hasil bangkitan model tidak terlalu jauh dari kenyataan di lapangan

Informasi lainnya yang perlu disiapkan yaitu metode apa yang akan digunakan untuk menghitung aliran permukaan, metode penelusuran aliran

sungai, faktor kompensasi evaporasi tanah, faktor kompensasi pengambilan air tanah oleh tanaman, dan waktu tenggang terjadinya aliran permukaan (SURLAG).

b. Iklim

Data iklim yang menjadi input dalam model SWAT adalah data harian yang terdiri dari curah hujan (mm), temperatur udara maksimum dan minimum ( $^{\circ}\text{C}$ ), radiasi sinar matahari ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$ ), kelembaban udara (%) dan kecepatan angin (m/dtk), kesemuanya dalam periode harian. Data harian yang harus ada adalah curah hujan dan temperatur maksimum dan minimum harian. Hal ini dikarenakan ketiga nilai tersebut sangat berpengaruh pada debit yang dihasilkan model.

c. Tanah

Informasi tanah yang dibutuhkan model dibagi menjadi informasi umum untuk setiap jenis tanah dan data untuk setiap lapisan tanah pada masing-masing jenis tanah. Data-data karakteristik tanah diperoleh dengan cara membuat satu profil perwakilan pada setiap satuan tanah terpilih untuk diamati sifat morfologinya dan dilakukan pengambilan contoh tanah utuh dan contoh tanah terganggu. Pengamatan yang dilakukan pada penampang profil tanah adalah jumlah lapisan, kedalaman perakaran maksimum pada profil tanah, ketebalan lapisan/horizon tanah, kandungan bahan kasar dan struktur tanah. Tanah utuh dan tanah terganggu diambil dari setiap lapisan/horison tanah. Tanah utuh diambil menggunakan ring sampel sedangkan contoh tanah terganggu menggunakan plastik sampel yang kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Hasil analisis contoh tanah utuh terdiri dari bobot isi, kadar air tersedia, dan permeabilitas. Contoh tanah terganggu digunakan untuk analisis tekstur, dan C-organik tanah.

#### d. Tutupan dan Pengelolaan Lahan

Database SWAT untuk tutupan lahan membutuhkan informasi yang detail untuk setiap tutupan lahan yang ada di daerah studi, mulai dari indeks luas daun, suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman, indeks panen, faktor C minimum untuk tutupan lahan/tanaman, bilangan kurva hingga berapa banyak residu yang tersisa di permukaan lahan dan beberapa parameter lainnya. Beberapa parameter penting yang perlu diidentifikasi sesuai dengan kondisi daerah studi yaitu nilai bilangan kurva/curve number (CN2), koefisien kekasaran Manning untuk aliran permukaan/overland flow (OV\_N), faktor kompensasi evaporasi tanah (ESCO), faktor kompensasi pengambilan air tanah oleh tanaman (EPCO), dan faktor tindakan konservasi tanah dan air. Penentuan bilangan kurva dilakukan setelah pengguna menentukan padanan nama untuk setiap tutupan lahan, kelompok hidrologi tanah dan kandungan kelembaban tanah awal (Antecedent Moisture Condition/AMC).

Kehilangan lainnya berupa pergerakan air dari saluran ke area pertanian atau penggunaan air oleh manusia. Aliran dapat digantikan oleh hujan yang jatuh langsung ke dalam saluran dan atau tambahan air debit sungai. Perhitungan aliran permukaan (*runoff*) pada model SWAT menggunakan metode SCS (SCS, 1972); (Rallison and Miller, 1981). Metode ini dikembangkan untuk menghitung jumlah *runoff* pada tutupan lahan dan jenis tanah yang bervariasi. Persamaan  $Q_{surf}$  sebagai berikut :

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

Dimana:

- surf : Jumlah aliran permukaan pada hari ke-i (mm)
- Rday : Jumlah curah hujan pada hari ke-i (mm),
- Ia : Kehilangan awal akibat simpanan permukaan, intersepsi dan infiltrasi (mm)
- S : Parameter retensi (mm)

Parameter retensi dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Neitsch *et al.*, 2011) :

$$S = 25.4\left(\frac{100}{CN} - 10\right)$$

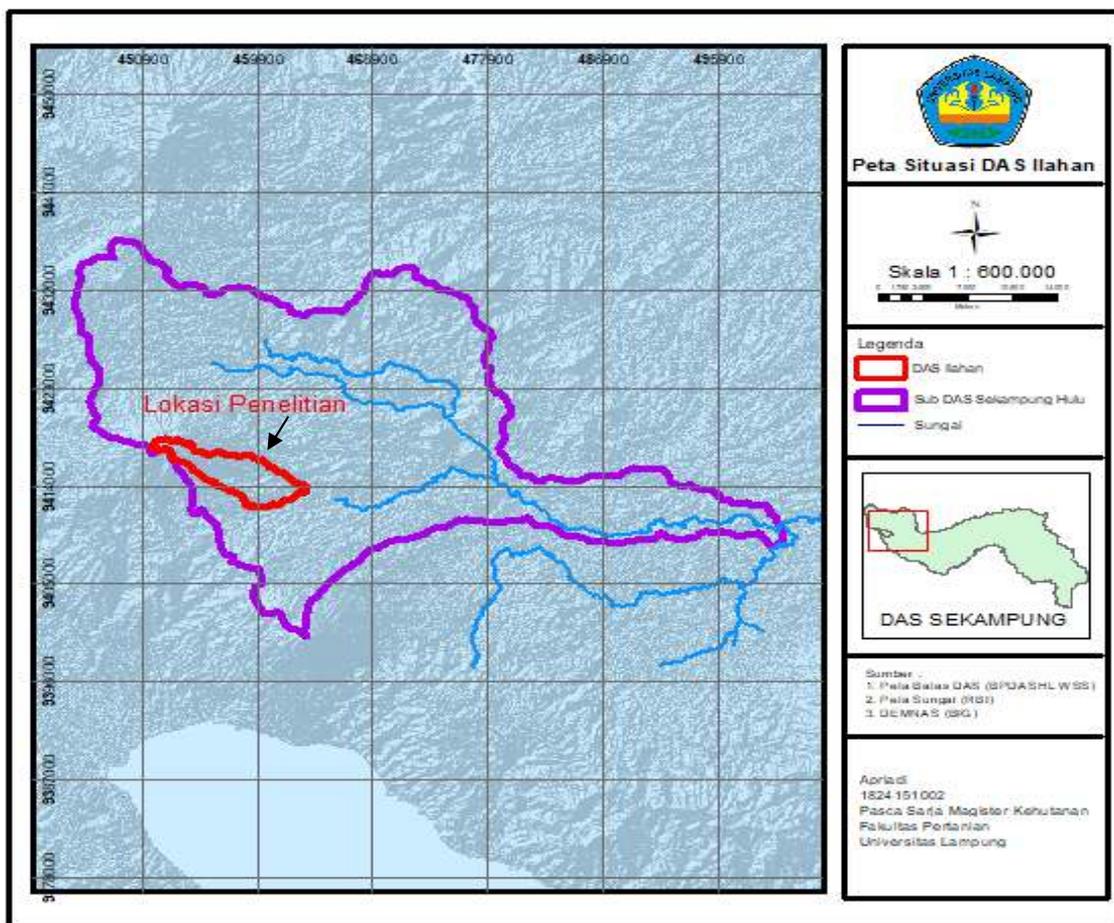
Dimana CN merupakan curve number (bilangan kurva) dan nilai Ia adalah 0,2 S (berdasarkan hasil penelitian), sehingga perhitungan permukaan menjadi (Neitsch *et al.*, 2011) :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0,2S)^2}{(R_{day} - 0,8S)^2}$$

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Ilahan (Gambar 3). Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan yaitu dari bulan April - Juni 2020.



Gambar 2. Peta situasi DAS Ilahan

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah laptop dengan software (ArcGIS 10.1, ArcSWAT versi tahun 2012, Microsoft Office 2012), software Avenza, kamera berkoordinat, *Global Positioning System* (GPS), drone, alat tulis, tally sheet, ring sampel, kantong plastik, kotak penyimpanan, spidol, meteran, cangkul, palu dan linggis.

### 3.3. Metode

Data yang dikumpulkan antara lain:

#### 1. Data Primer

Data primer yang dikumpulkan dengan observasi di lapangan. Kegiatan ini dilakukan meliputi:

##### a. Kondisi aktual tutupan lahan

Penentuan kondisi aktual tutupan lahan dilapangan dianalisis berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2019 dan citra spot 2017. Pada setiap kondisi tutupan lahan, dilakukan *groundcheck* untuk mengetahui kondisi tutupan lahan aktual. *Groundcheck* menggunakan peta tutupan lahan DAS Ilahan dan dengan menggunakan aplikasi Avenza, GPS, kamera berkoordinat dan drone.

##### b. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah ditentukan berdasarkan kondisi tutupan lahan, jenis tanah dan topografi sehingga terbentuk satuan unit lahan (*land unit*). Metode pengambilan sampel tanah pada satuan unit lahan (*land unit*) dilakukan secara *purposive sampling*, berdasarkan pertimbangan dapat mewakili pada tiga aspek tersebut (kondisi tutupan lahan, jenis tanah dan topografi) dan akses pengambilan sampel tanah.

Pengambilan sampel dilakukan pada profil tanah secara vertikal. Data informasi tanah ini diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan (pengamatan profil tanah) dan hasil analisis di laboratorium. Parameter tanah yang diamati sesuai dengan tabel 4.

Tabel 4. Parameter pengamatan sampel tanah

No	Parameter Pengamatan	Satuan
1	Jenis tanah	
2	Kedalaman solum tanah (mm)	mm
3	Kedalaman per lapisan/horizon tanah (mm)	mm
4	Tekstur tanah	tekstur 4 fraksi (%)
5	Bobot isi tanah ( <i>Bulk density</i> )	gr/cm <sup>3</sup>
6	Permeabilitas tanah	(mm/jam)
7	Kadar air tersedia	(%)
8	C-organik	(%)
9	Erodibilitas tanah	
10	Nilai albedo pada lapisan permukaan tanah	

Pengambilan sampel tanah terdiri dari dua jenis sampel yaitu pengambilan sampel tanah tidak terganggu dan tanah terganggu. Sampel tanah tidak terganggu diambil dengan menggunakan ring sampel pada unit lahan. Setiap lapisan tanah diambil sebanyak dua sampel. Sampel tanah tidak terganggu dilakukan untuk menganalisis kadar air tersedia (%), bobot isi tanah (gr/cm<sup>3</sup>), permeabilitas tanah (mm/jam). Sampel tanah terganggu diambil secara komposit dari setiap lapisan tanah/horizon tanah. Sampel tanah terganggu digunakan untuk analisis sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah dan C-Organik (%). Sampel tanah dari lapangan tersebut dianalisis di laboratorium fisika dan kimia tanah Fakultas Pertanian IPB.

## 2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder bersumber dari beberapa instansi terkait. Data sekunder ini digunakan dalam menyusun peta penelitian dan

digunakan sebagai parameter input model SWAT. Data Sekunder yang dikumpulkan pada penelitian ini meliputi:

- a. Peta DEM (*Digital Elevation Model*) 5 M, peta sungai, citra spot tahun 2017 sumber data Badan Informasi Geospasial.
- b. Peta DAS Ilahan, data debit harian sungai Way Ilahan tahun 2014 s.d 2019, data curah hujan harian di DAS Ilahan tahun 2014 s.d 2019 sumber data BPDASHL Way Seputih Sekampung.
- c. Peta penggunaan lahan tahun 2019 sumber data Ditjen Planologi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- d. Peta jenis tanah skala 1:250.000, sumber data Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (Pusat Penelitian Tanah)
- e. Data Iklim terdiri dari: suhu udara, kelembapan, kecepatan angin dan radiasi matahari tahun 2014 s.d 2019, sumber data BMKG Masgar

### 3.4. Analisis Data

Parameter input model SWAT meliputi karakteristik tanah, penggunaan lahan, iklim, dan lereng . Parameter masukan model SWAT yaitu: peta DEM, peta tanah (termasuk input data tanah), peta penggunaan lahan, data tanah, data curah hujan harian, temperatur udara maksimum dan minimum, radiasi matahari, kecepatan angin, serta kelembaban udara. Penentuan nilai parameter input model SWAT ditentukan berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan data sekunder.

#### 1. Parameter Input Model SWAT

- a. Karakteristik tanah

Karakteristik tanah sebagai input untuk mengidentifikasi karakter hidrologi wilayah DAS. Penentuannya mengacu pada nilai permeabilitas setiap lapisan /horizon tanah dari hasil pengamatan lapangan kemudian dikelompokkan berdasarkan *Hydrology Soil Group* (HSG). Mc Cuen (1998), membagi kelompok hidrologi tanah menjadi

empat kelompok hidrologi berdasarkan potensi aliran permukaannya, yaitu sesuai dengan karakteristik tanah. Nilai potensi aliran permukaan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah seperti kedalaman solum, tekstur, struktur, kemantapan agregat, dan permeabilitas tanah. Karakteristik data tanah lainnya yang digunakan sebagai input model SWAT yaitu kedalaman solum, kedalaman setiap lapisan /horizon tanah, kandungan bahan organik tanah (C-Organik), konduktivitas hidrolik tanah/permeabilitas tanah dan erodibilitas tanah (USLE). Identifikasi pengelompokan HSG dapat berdasarkan beberapa acuan diantaranya tekstur tanah, infiltrasi dan permeabilitas tanah.

#### b. Karakteristik tutupan lahan

Karakteristik tutupan lahan sangat berperan penting di wilayah DAS, terutama dalam proses hidrologi. Karakteristik tutupan lahan sangat berpengaruh terhadap proses hidrologi yang ditunjukkan oleh nilai bilangan kurva aliran permukaan (*runoff curve number*). Nilai CN (*Curve Number*) adalah nilai hasil analisis secara empiris berdasarkan fungsi faktor kelompok hidrologi tanah, kompleks penutupan lahan dan kondisi kandungan air tanah awal. Penentuan kondisi aktual tutupan lahan di lapangan terdiri dari: tutupan tajuk tanaman (*canopy cover*), tutupan permukaan (*surface cover*) dan kegiatan pengelolaan yang dilakukan pada masing-masing penggunaan lahan di wilayah DAS Ilahan.

#### c. Karakteristik Iklim

Periode data iklim yang digunakan di DAS Ilahan adalah tahun 2014-2019. Data iklim yang digunakan sebagai input model SWAT untuk DAS Ilahan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pesawaran di Provinsi Lampung. Data iklim digunakan sebagai input pembangkit dalam model SWAT pada tabel 5.

Tabel 5. Data iklim yang digunakan pemodelan

No	Parameter	Satuan
1	Radiasi matahari	Mj/m <sup>2</sup> /hari
2	Temperatur udara maksimum dan minimum	°C
3	Kelembaban udara relatif	%
4	Kecepatan angin	m/s

Data curah hujan harian yang digunakan sebagai input *pcp.text* dalam model SWAT meliputi periode 2014-2019 dari satu stasiun curah hujan yang dikelola oleh BPDASHL Way Seputih Sekampung. Data iklim dan curah hujan diinput kedalam model SWAT dalam bentuk file *txt*. Data iklim 6 (enam) tahun tersebut dihitung rata-ratanya sebagai pembangkit iklim yang diintegrasikan dengan file *weather generator* dalam *microsoft acces 2012* data base SWAT.

#### d. Karakteristik lereng

Data lereng di DAS Ilahan dibangun menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan resolusi 5 m x 5 m dengan *cell size* 8,30. Kelas lereng dibagi menjadi lima kelas berdasarkan klasifikasi Departemen Kehutanan tahun 1998 yaitu kelas datar (0-8%), kelas landai (8-15%), kelas agak curam (15-25%), kelas curam (25-40%), dan kelas sangat curam (>40%).

## 2. Menjalankan Model SWAT

### a. Deliniasi DAS

*Deliniasi DAS* : Pada tahap awal mengoperasikan Model SWAT, DAS yang digunakan sebagai lokasi penelitian dideliniasi berdasarkan data DEM. Proses deliniasi DAS menggunakan data DEM berdasarkan batas topografi alaminya untuk membentuk jaringan sungai, outlet, DAS. Model SWAT membagi DAS dalam *HRU* dan setiap *HRU* memiliki satu jaringan sungai utama secara otomatis. Tahapan proses yang harus

dilakukan pada tahapan deliniasi model SWAT diantaranya diantaranya memasukkan data berupa DEM grid dari lokasi penelitian (*add DEM grid*), menentukan *mask* (batasan DAS yang akan diteliti), menentukan jaringan sungai (*stream definition*), DEM- based untuk mengetahui luas dari DAS, *outlet and inlet definition* untuk membuat dan menentukan outlet DAS, melakukan seleksi dan outlet DAS yang akan diteliti (*watershed outlet selection and definition*) dan tahap terakhir melakukan penghitungan parameter DAS (*calculate subbasin parameter*).

#### b. Pembentukan HRU

Pembentukan HRU (*Hidrology Respons Unit*): pada tahap pembentukan HRU melakukan input data tutupan lahan, tanah, dan kemiringan lereng untuk dilakukan *overlay*. Pada running SWAT dilakukan pembentukan HRU karena adanya penyederhanaan dalam *run* model dengan menggabungkan semua area yang memiliki jenis tanah dan penggunaan lahan yang sama ke dalam suatu unit respon tunggal (*single response unit*). Kemudian dilakukan pendefinisian HRU (*HRU definition*) untuk menentukan kriteria spesifik yang akan diaplikasikan dalam HRU. Pendefinisian HRU digunakan metode *threshold by percentage*. Metode ini digunakan untuk menentukan seberapa besar batas (*threshold*) untuk jenis tanah, tutupan lahan dan lereng di dalam *Subbasin* yang akan diabaikan oleh model dalam pembentukan HRU. Setelah pembentukan HRU baru melakukan running SWAT.

#### c. Pendefinisian Data Iklim dan Data Input Tabel Lainnya

Pendefinisian data iklim dalam model SWAT berupa database, melalui *weather generator* (WGN User) dan data tabel lainnya untuk mendefinisikan data curah hujan, temperatur, kelembaban udara, radiasi

matahari dan kecepatan angin yang akan digunakan (file txt). Input Data Iklim setelah pembentukan HRU. Data generator iklim yang telah dibuat digunakan untuk input data dalam *weather data definition*. Setelah itu, dilakukan pemasukan input data curah hujan, kelembaban udara, suhu maksimum dan minimum, radiasi matahari, serta kecepatan angin. Setelah data iklim dimasukkan dan berhasil *running*, maka memasukkan informasi data input ke dalam basis data. Data input terbentuk berdasarkan hasil deliniasi DAS dan karakterisasi dari penggunaan lahan, tanah, dan lereng. Pembuatan input data dilakukan dengan memilih opsi *Write All*. Default input ini dapat diedit dengan memasukkan data input menggunakan menu Edit SWAT Input. *Weather generator* yang digunakan dalam model ini dibangun dengan menggunakan data iklim 6 tahun dari BMKG Branti.

#### d. Perbaikan Data Masukan Model

Tahapan ini merupakan upaya melakukan perbaikan data masukan model SWAT melalui menu Edit SWAT Input. Database yang dapat diperbaiki terdiri dari: subbasin data (*Subbasins Data*), *groundwater, management*, HRU data, parameter penelusuran aliran/*routing*, parameter aliran dasar, parameter pengelolaan tanaman, parameter sampel tanah dan pengolahan tanah, serta *watershed* data.

#### e. *Setup dan Run SWAT*

Tahap selanjutnya *running* SWAT penggabungan HRU dengan data iklim yang dilakukan setelah satuan analisis terbentuk. Tahapannya yaitu: tahap pertama melakukan pengisian kolom tanggal mulai dan tanggal akhir simulasi yang akan dilakukan, memilih distribusi curah hujan yang digunakan dari tahun 2014-2019 dengan *warmingup* 5 tahun, memilih menu *SetupSWATRun*, dan tahap akhir *Run* SWAT.

Proses simulasi SWAT dilakukan setelah proses penggabungan HRU dengan data iklim selesai.

#### f. Output Model

Model SWAT menghasilkan output file yang terpisah untuk *Subbasin*, HRU dan sungai utama. Informasi yang terdapat dalam file *Subbasin* (*output.sub*) dan HRU (*output.hru*) terdiri dari jumlah curah hujan (PRECIP), aliran permukaan (SURQ), *subsurface runoff* (LATQ), aliran bawah tanah (GW\_Q) dan hasil air (WYLD) dan Sedimentasi. Data dan Informasi pada masing-masing sungai atau saluran utama (*output.rch*) dalam Hidrologis Respon Unit (HRU). Pada penelitian ini output file yang akan digunakan adalah jumlah aliran air sungai yang keluar (FLOW\_OUT).

### 3. Akurasi Model (Kalibrasi dan Validasi)

Tahapan ini untuk mengetahui tingkat keakuratan kinerja model SWAT di DAS Ilahan sebelum melakukan simulasi skenario perencanaan pengelolaan DAS. Hasil *ouput* model diuji keakuratannya dengan menggunakan metode statistik yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE). Penggunaan persamaan dari model efisiensi Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) direkomendasikan oleh *The American Society of Civil Engineers* dalam menguji keakuratan output model. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}_1^{obs})^2} \right]$$

Keterangan:

$Y_1^{obs}$  = Data observasi ke-*i*,

$Y_1^{sim}$  = Data simulasi ke-*i*,

$\bar{Y}_1^{obs}$  = Data observasi rata-rata,

*n* = Jumlah observasi.

Rentang nilai NSE terletak antara 0 sampai 1, dengan  $NSE = 1$  merupakan nilai optimal. Nilai NSE antara 0.0 sampai 1.0 secara umum dilihat sebagai level performa model yang dapat diterima, sedangkan nilai  $NSE \leq 0.36$  mengindikasikan bahwa rata-rata nilai data observasi merupakan alat prediksi yang mendekati nilai data simulasi, maka rentang nilai tersebut menunjukkan level performa yang dapat diterima (Motovilov *et al.*, 1999). Nilai efisiensi NSE dikelompokkan menjadi 3 kelas yang terdapat dalam Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Nilai NSE kalibrasi

No	Nilai NSE	Kategori
1	$NSE > 0.75$	Baik
2	$0.75 > NSE > 0.36$	Memuaskan
3	$0.36 < NSE$	tidak memuaskan

Sumber : Motovilov *et al.*, 1999

#### 4. Skenario Tutupan Lahan

Skenario tutupan lahan DAS Ilahan merupakan penerapan rencana pengelolaan untuk memperbaiki karakteristik DAS Ilahan. Skenario yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan Rencana Teknik Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RTk-RHL) di Provinsi Lampung tahun 2014-2029. Skenario ini paling memungkinkan untuk dilakukan perubahan tutupan lahan di DAS Ilahan. Skenario kondisi tutupan lahan tersebut dilakukan untuk mensimulasi karakteristik hidrologi bila RTk-RHL tersebut diterapkan pada DAS Ilahan. Hasil skenario *dirunning* untuk memprediksi karakteristik hidrologinya meliputi: curah hujan, koefisien regim aliran (KRA), *surface runoff*, *Subsurface runoff*, Koefisien Aliran tahunan (KAT), *baseflow*, hasil air, sedimentasi dan erosi. Skenario ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi pemerintah dalam perencanaan pengelolaan di DAS Ilahan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis hidrologi DAS Ilahan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Koefisien regim aliran (KRA) sebesar 122,75 termasuk kelas sangat tinggi, dengan nilai debit maksimum 14,74 m<sup>3</sup>/detik dan debit minimum 0,12 m<sup>3</sup>/detik.
2. Koefisien aliran tahunan (KAT) DAS Ilahan sebesar 0,419 termasuk kelas tinggi dengan curah hujan 2.595 mm. Aliran permukaan (*surface runoff*) sebesar 379,30 mm dan aliran bawah permukaan (*subsurface runoff*) sebesar 707,05 mm.
3. Aliran dasar (*baseflow*) DAS Ilahan sebesar 348,01 mm (13%)
4. Hasil air (*water yield*) DAS Ilahan sebesar 1.401,78 mm atau 41.805.848,96 m<sup>3</sup>.
5. Sedimentasi DAS Ilahan sebesar 2,42 ton/ha (sangat rendah), erosi sebesar 12,38 ton/ha dan indek erosi sebesar 0,32 (sangat rendah).
6. Skenario RTK-RHL dengan mengasumsikan terjadinya perubahan tutupan lahan pada lokasi kegiatan RHL yang berada di DAS Ilahan seluas 430,57 Ha menjadi kebun campuran kerapatan tinggi. Skenario RTK RHL ini diprediksi sebagai berikut nilai koefisien regim aliran (KRA) menurun dari kondisi eksisting namun masih dalam kelas sangat tinggi/buruk; nilai koefisien aliran tahunan (KAT) menurun menjadi kelas sedang; aliran permukaan (*surface runoff*) menurun/membaik; *subsurface runoff* meningkat/membaik; aliran dasar (*baseflow*) meningkat/membaik; Hasil air (*water yield*) meningkat; sedimen menurun (kelas sangat rendah/sangat baik); erosi menurun indek erosi menurun (sangat rendah/sangat baik).

## B. Saran

Perubahan tutupan lahan dengan skenario RTK-RHL menyebabkan karakteristik hidrologi DAS Ilahan menjadi lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Kondisi ini belum memperbaiki karakteristik hidrologi DAS Ilahan secara optimal, sehingga disarankan dilakukan pemutakhiran RTK-RHL di DAS Ilahan. Pemutakhiran ini diharapkan dapat diterapkan dalam rangka merehabilitasi dan memperbaiki tutupan lahan serta berdampak pada karakteristik hidrologi DAS Ilahan yang baik.

Perubahan tutupan lahan dengan pola RHL agroforestri harus memperhatikan aspek ekonomi dan ekologi dengan memilih tanaman unggul yang produktif dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Jenis tanaman yang disarankan sebagai program RHL di DAS Ilahan adalah alpukat okulasi unggulan lokal (*Persea americana*), pinang (*Areca catechu*) dan pala (*Myristica fragrans*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnold J.G., Moriasi D.N., Gasman P.W., Abbaspour K.C., White M.J. Srinivasan R. Santhi C., Harmel R.D., Griensven A.V., Liew M.W. V., Kannan N., Jha M. K., 2012. *SWAT : MODEL USE, CALIBRATION, AND VALIDATION*. Transaction of the ASABE.Vol 55(4): 1491-1508
- Arnold J.G., Kiniry J.G., Srinivasan R., William J.R., Haney E.B, Neitsch S.L. 2012. *Soil and Water Assesstment Tool Input/Output Documentation Version 2012*. Texas Water Resources Institute TR-439.
- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Serial Pustaka IPB Press. Bogor.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Kedua. IPB Pres. Bogor.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- BMKG Masgar. 2019. *Data Stasiun Iklim Stasiun Branti tahun 2014 – 2019*. Data. Lampung Selatan
- BPDAS Way Seputih way Sekampung. 2014. *RTK-RHL 2014-2029 Wilayah Kerja BPDAS Way Seputih Way Sekampung*. Bandar Lampung.
- BPDASHL Way Seputih Way Sekampung. 2019. *Data Debit, Curah Hujan dan Sedimentasi DAS Ilahan Tahun 2014 - 2019*. Bandar Lampung.
- Badan Info Geospasial. 2015. *Shp Indonesia Desa*.  
<https://drive.google.com/file/d/0B2k9p5nUCGRvTUg4ZkJRjX1A5dVv/view>. Diunduh pada tanggal 8 April 2019.
- Banuwa, I.S., 2008. *Pengembangan Alternatif Usahatani Berbasis Kopi untuk Pembangunan Pertanian Lahan Kering Berkelanjutan Di DAS Sekampung Hulu*. Disertasi. IPB. Bogor
- Banuwa, I.S., 2009. *Prediksi Erosi pada Berbagai Penggunaan Lahan Di DAS Sekampung Hulu Provinsi Lampung*. Prosiding Semirata BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Serang Banten 13 – 16 April 2009. Banten

- Banuwa, I.S. 2013. *Erosi*. Buku. Kencana Prenadamedia. Jakarta. 206 hlm
- Himanshu, S. K., Pandey, A., Shrestha, P., 2016. Application of SWAT in an Indian River Basin for Modeling Runoff, Sediment and Ater Balance. *Environ Earth Sci*, 76:3
- Kementerian Kehutanan. 2014. *Peraturan Menteri Kehutanan Nomor:P.61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS*. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial Nomor: P.2/V-SET/2015 tentang Juknis Pemanfaatan Model Hidrologi dalam Pengelolaan DAS*. Jakarta: Dirjen PDASHL.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Rencana Strategis 2015-2019*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2019. *Peta Batas DAS Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Pengendalian DAS dan Hutan Lindung. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. *Peta Kawasan Hutan*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Peta Batas DAS Indonesia*. Direktorat Jenderal Bina Pengendalian DAS dan Hutan Lindung. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. *Peta Penggunaan Lahan Tahun 2019*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2019. Berita PUPR: Bendungan Sekampung Akan Tambah Cadangan Air di Lampung 68 juta m3. Jakarta. <https://www.pu.go.id/berita/view/15246/bendungan-way-sekampung-akan-tambah-cadangan-air-di-lampung-68-juta-m3>. Diunduhpadatanggal 26 Februari 2019.
- Khare, D.,Patra, D., Mondal, A.,Kundu, S. 2015. *Impact of Landuse/land Cover Change on Run-Off in a Catchmentof Narmada River in India*. ORIGINAL PAPER. *Appl Geomat* 7:23–35DOI 10.1007/s12518-014-0148-6. India. 12 hlm
- Kodoatie, R.J. dan Sugiyanto, 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta
- Latief, M.R; Evi, N., Dwi.P.T. 2018. Pengaruh Embung dan Kombinasi dengan Teknis Konservasi Tanah dan Air Lainnya Terhadap Koefisien Regim

- Aliran dan Koefisien Aliran Tahunan. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropika*. JGLITrop Vol.2, No.2, Agustus 2018
- Mawardi, I., 2010, Kerusakan DAS dan Penurunan Daya Dukung Sumberdaya Air di Pulau Jawa serta Upaya Penanganannya. *Jurnal Hidrosfer Indonesia* vol 5 (2)
- McCuen, HR. 1998. *Hydrologic Analysis and Design*. Hydraulic Engineering, PrenticeHall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Emgeland, K., Rodhe, A. 1999. *Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observation*. *Agricultural and Forest Meteorology* 98-99 : 257 – 277. Neitsch, S.I., J.G. Arnold; J.G. Kiniry; J.R. Williams, K.W. King. 2002. *Soil and Water Assesment Tool Theoretical Documentation, version 2000*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas. TWRI Report TR-191
- Mubarok, Z., Murtalaksono, K., Wahjunie, E.D., 2014. Kajian Respons Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Das Way Betung – Lampung. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 4(1): 1-10
- Munandar, R., Jayanti, D.S., Mustafiril. 2016. Pemodelan intersepsi untuk pendugaan aliran permukaan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. 1(1): 62-69.
- Neitsch, S.I., J.G. Arnold; J.G. Kiniry; J.R. Williams, K.W. King. 2002. *Soil and Water Assesment Tool Theoretical Documentation, version 2000*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas. TWRI Report TR-191
- Neitsch, S.I., J.G. Arnold; J.G. Kiniry; J.R. Williams. 2011. *Soil and Water Assesment Tool Theoretical Documentation version 2009*. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas. TWRI Report TR-406
- Rallison, R.E and N. Miller 1981. Past, Present and Future SCS Runoff Procedure. P. 353-354. In V.P Singh (ed). *Rainfall runoff relationship*. Water Resources Publication, Littleton, CO
- Republik Indonesia. 2014. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2014 Tentang Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta. Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.
- Soil Conservation Service (SCS), 1972. *National Engineering Handbook, Section 4 Hydrology*. Department of Agriculture. Washington DC.  
<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=18389.wba>. Diunduh pada tanggal 8 April 2020.
- Somura, H., Yuwono, S. B., Ismono. H., Arifin, B., Fitriani., Kada, R., 2018. Relationship Between Water Quality Variations and Land Use in the Batutegi Dam Watershed, Sekampung, Indonesia. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 24(1), 93-101.

- Sucipto, 2008. *Kajian Sedimentasi di Sungai Kali Garang dalam Upaya Pengelolaan DAS Kaligarang Semarang*. Tesis. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Sunandar, A.D., Suhendang. E., Hendrayanto, Jaya.I.N.S., Marimin. 2016. *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap respon Hidrologis Di Das Asahan*. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman Vol. 13 No. 1, 49-60.
- Supatmanto, B.D., Yusuf, S.M., 2015. Studi Hidrologi Berdasarkan Climate Change Menggunakan Model SWAT di Daerah Tangkapan Air Waduk Jatiluhur. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol 16(2), 55-60
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Widiatmaka, S.H. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata guna Lahan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Wulandari, C., Budiono, P., Yuwono, S.B., Herwanti, S., 2014. Adoption of Agro-forestry Patterns and Crop Systems Around Register 19 Forest Park, Lampung Province, Indonesia. *JMHT Vol. XX, (2): 86-93*
- Wulandari, C. 2021. Identifying Climate Change Adaptation Effort in the Batutegei Forest Management Unit, Indonesia. *Jurnal Forest and Society*. 5(1); 48-59
- Wulandari, C., Landicho, L. D., Cabahug, R.E.D., Baliton, R.S., Banuwa, I.S., Herwanti, S., Budiono, P. 2019. Food Security Status Agroforestry Landscapes of Way Betung Watershed, Indonesia and Molawin Dampalit Subwatershed, Philippines. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 25(3), 164-172
- Yusuf, S.M., 2010. *Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Pada Das Cirasea Menggunakan Model MWSWAT*. Tesis. IPB. Bogor. 77 hlm.
- Yusuf, S.M., Nugroho, S.P., Effendi, H., Prayoga, G., Permadi, T., Santoso, E.N., 2021. Surface runoff of Bekasi River Subwatershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/744/1/012108
- Kajian Respon Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Pada Das Cirasea Menggunakan Model MWSWAT*. Tesis. IPB. Bogor. 77 hlm.
- Yustika, R.D., Somura, H., Yuwono, S.B., Ismono, H., Masunaga, T. 2019. Assesment of Soil Erosion in Social Forest-Dominated Watersheds in Lampung, Indonesia. *Environ Monit Assess (2019)*, 191: 726
- Yuwono, S.B. 2011. Pengembangan Sumberdaya Air Berkelanjutan DAS Way Betung Kota Bandar Lampung. Disertasi. IPB. Bogor.