

**PENGELOLAAN DAS BERKELANJUTAN BERBASIS  
PENGUNAAN LAHAN DENGAN METODE *FUZZY MULTI  
ATTRIBUTE DECISION MAKING* (FMADM): STUDI KASUS  
SUB-DAS TANRALILI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

***SUSTAINABLE WATERSHED MANAGEMENT BASED ON  
LAND USE WITH THE FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION  
MAKING (FMADM) METHOD: A CASE STUDY OF THE  
TANRALILI SUB WATERSHED, SOUTH SULAWESI  
PROVINCE***

**SURYANSYAH SURAHMAN**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**PENGELOLAAN DAS BERKELANJUTAN BERBASIS  
PENGUNAAN LAHAN DENGAN METODE *FUZZY MULTI  
ATTRIBUTE DECISION MAKING* (FMADM): STUDI KASUS SUB-  
DAS TANRALILI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi  
Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**SURYANSYAH SURAHMAN**

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

***SUSTAINABLE WATERSHED MANAGEMENT BASED ON LAND  
USE WITH THE FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING  
(FMADM) METHOD: A CASE STUDY OF THE TANRALILI SUB  
WATERSHED, SOUTH SULAWESI PROVINCE***

Dissertation

as one of the requirements for achieving a doctoral degree

Study Program Agricultural Science

Prepared and submitted by

SURYANSYAH SURAHMAN

To

**GRADUATE PROGRAM  
HASANUDDIN UNIVERSITY  
MAKASSAR, INDONESIA  
2022**

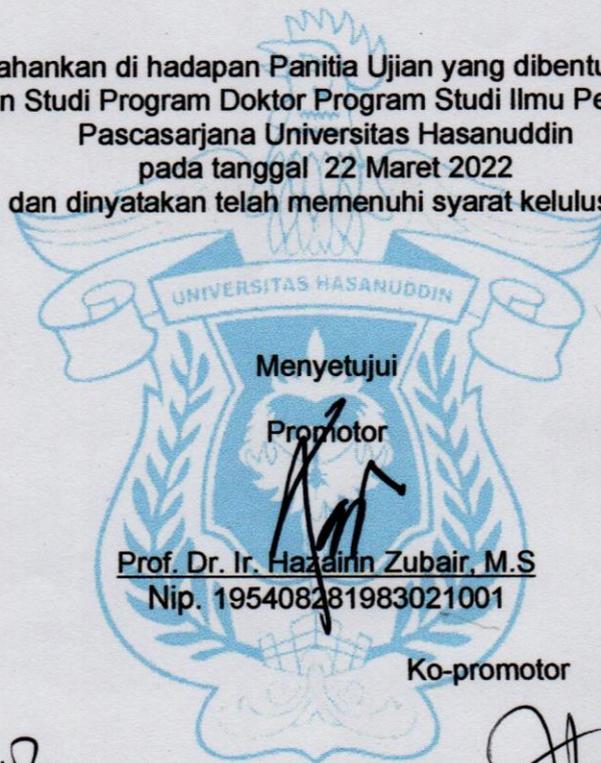
**DISERTASI**

**PENGELOLAAN DAS BERKELANJUTAN BERBASIS PENGGUNAAN LAHAN  
DENGAN METODE *FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING* (FMADM):  
STUDI KASUS SUB-DAS TANRALILI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**SURYANSYAH SURAHMAN**

**NIM P013191003**

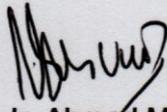
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah  
Pascasarjana Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 22 Maret 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

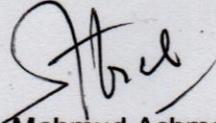


Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S  
Nip. 195408281983021001

Ko-promotor

Ko-promotor

  
Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng  
Nip. 19600727 198903 1 003

  
Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P  
Nip. 19700603 199403 1 003

  
Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S  
Nip. 19630606 198803 1 004

  
Dekan Sekolah Pascasarjana,  
  
Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc  
Nip. 19670308 199003 1 001

**DISSERTATION**

**SUSTAINABLE WATERSHED MANAGEMENT BASED ON LAND USE WITH THE  
FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING (FMADM) METHOD: A CASE STUDY  
OF THE TANRALILI SUB WATERSHED, SOUTH SULAWESI PROVINCE**

**SURYANSYAH SURAHMAN**

**Student ID. P013191003**

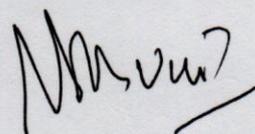
Has been examined and defended in front of the Disertation Examination Committee  
On March 22, 2022 and declared eligible

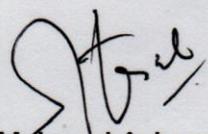
Approved by  
Advisory Commission

  
Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S  
Nip. 195408281983021001

Co-supervisor

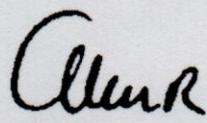
Co-supervisor

  
Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng  
Nip. 19600727 198903 1 003

  
Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P  
Nip. 19700603 199403 1 003

Head of Agricultural Sciences  
Study Program

Dean of Graduate School  
Universitas Hasanuddin,

  
Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S  
Nip. 19630606 198803 1 004

  
Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc  
Nip. 19670308 199003 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul “Pengelolaan DAS Berkelanjutan Berbasis Penggunaan Lahan Dengan Metode *Fuzzy Multi Attribute Decision Making* (FMADM): Studi Kasus Sub-DAS Tanralili, Provinsi Sulawesi Selatan” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S; Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M.Eng dan Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal (*Design Engeneering*, 2021,12416-12423, dan [www.thedesignengineering.com](http://www.thedesignengineering.com)) sebagai artikel dengan judul “*Study of Land-Use Changes in The Tanralili Sub Watershed in Supporting the Watershed Sustainability Model*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22-03-2022



Suryansyah Surahman

NIM P013191003

## PRAKATA

*Bismillaahirrahmanirrahim,*

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT berkat segala limpahan rahmat, petunjuk, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian sampai penyusunan tulisan disertasi dengan judul “Pengelolaan Das Berkelanjutan Berbasis Penggunaan Lahan Dengan Metode *Fuzzy Multi Attribute Decision Making* (FMADM): Studi Kasus Sub-DAS Tanralili, Provinsi Sulawesi Selatan”

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ‘*jazakumullahu khairan katsiran*’ kepada:

1. Prof Dr Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Prof Dr Ir Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Prof Dr Ir Darmawan Salman, M.S selaku Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. Ir. Hazairin Zubair, M.S., Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M. Eng. dan Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P., selaku komisi pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis dalam melakukan penelitian dan penulisan disertasi ini.
3. Prof Dr Ir Suria Darma Tarigan, M.Sc (Penguji Eksternal), Prof. Dr. Ir. Didi Rukmana, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Rahmawati A. Nadja, M.S., Dr. Ir. Anwar Umar, M.S., dan Ir. Sartika Laban, S.P., M.P., Ph.D., selaku komisi penguji dan penilai kualifikasi ujian tertutup, dan seluruh staf pengajar yang telah mencurahkan ilmunya selama menempuh Pendidikan di universitas Hasanuddin.
4. Ayahanda Drs. Surahman, dan Ibunda Jawaria, Bapak mertua (alm) Muh Idrus, dan Ibu mertua Hj. Atika, Kakak-kakakku dan Adik-adikku tercinta, sekeluarga terima kasih atas segala doa dan dukungan, kebersamaan, cinta dan kasih sayang yang telah diberikan.

5. LPDP yang telah memberikan kesempatan dan dukungan biaya kepada penulis melalui Beasiswa BUDI-DN 2019.
6. Ibu Dr. Ir. Asmita Ahmad, S.T., M.Si. dan Kak Anti, serta Bapak/Ibu Staf dan Dosen Departemen Ilmu Tanah UH atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa pascasarjana.
7. Kepada Saudara-saudariku seperjuangan pada Program Doktor Ilmu Pertanian Unhas Angkatan 2019, terima kasih atas bantuan, motivasi, persaudaraan, kebersamaannya selama ini.
8. Kepada Istriku tercinta Fatmi Idrus, serta anakku Siti Syaikhah Shalihah Suryansyah, atas dukungan kasih sayang dan penuh kesabaran mendampingi selama menempuh pendidikan S3 dan menjadi inspirasi untuk tetap bersemangat.
9. Kepada semua pihak yang turut membantu dalam penelitian ini namun tidak disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya
10. Penulis berharap semoga hasil penelitian yang tertuang dalam disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Makassar, 22 Maret 2022

Suryansyah Surahman

## ABSTRAK

**SURYANSYAH SURAHMAN. Pengelolaan DAS Berkelanjutan Berbasis Penggunaan Lahan Dengan Metode *Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM)*: Studi Kasus Sub-DAS Tanralili, Provinsi Sulawesi Selatan** (dibimbing oleh Hazairin Zubair, Ahmad Munir, dan Mahmud Achmad).

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) secara terpadu merupakan sebuah pendekatan holistik dalam mengelola sumberdaya alam yang bertujuan untuk meningkatkan kehidupan masyarakat dalam mengelola sumberdaya alam secara berkesinambungan. Penelitian ini bertujuan untuk: 1). Menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, sosial dan ekonomi di Sub-DAS Tanralili, 2). Menyusun arahan pengelolaan lahan optimal di Sub-DAS Tanralili untuk menunjang Sub-DAS Tanralili secara berkelanjutan.

Penelitian dibagi empat tahap, meliputi: 1). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar dan aliran lateral bawah permukaan menggunakan model SWAT, 2). Evaluasi kinerja sosial ekonomi kaitannya dengan perubahan penggunaan lahan, 3). Perubahan penggunaan lahan dalam mendukung model keberlanjutan dan 4). Penggunaan model FMADM untuk pengelolaan tata guna lahan.

Analisis karakteristik hidrologi Sub-DAS Tanralili menunjukkan bahwa: aliran dasar pada tahun 2010, 2015, dan 2020 masing-masing sebesar 494,64 mm, 247,26 mm, dan 256,48 mm dan aliran lateral masing-masing sebesar 524.66 mm, 257.29 mm, dan 220.94 mm. Analisis kinerja sosial ekonomi Sub-DAS Tanralili menunjukkan bahwa (1) Tekanan penduduk termasuk dalam kategori sedang, (2) Tingkat kesejahteraan rata-rata penduduk di wilayah Sub-DAS Tanralili termasuk kategori sangat baik, (3) Penegakan peraturan terkait pengelolaan DAS di wilayah Sub-DAS Tanralili secara umum sudah mencapai nilai baik. Arahan pengelolaan optimal di Sub DAS Tanralili dapat dilakukan dengan praktik konservasi strip cropping pada lahan pertanian dengan lereng 8%. Penerapan praktek konservasi strip cropping dapat menurunkan aliran permukaan 1.679,15 mm menjadi 1.650,85 mm.

Kata kunci: AHP, berkelanjutan, FMADM, penggunaan lahan, Sub-DAS Tanralili

## ABSTRACT

**SURYANSYAH SURAHMAN. Sustainable Watershed Management Based on Land Use with the Fuzzy Multi-Attribute Decision Making Method (FMADM): A Case Study of the Tanralili Sub-watershed, South Sulawesi Province** (supervised by Hazairin Zubair, Ahmad Munir, and Mahmud Achmad).

Integrated Watershed Management (DAS) is a holistic approach to managing natural resources that aim to improve people's lives sustainably. This study aims to: 1) and analyze the effect of land-use change on the hydrological, social, and economic characteristics of the Tanralili Sub-watershed, 2). Develop directions for optimal land management in the Tanralili Sub-watershed to support the Tanralili Sub-watershed sustainably.

The research dividing into four stages, including 1). The impact of land-use change on subsurface flow and lateral flow using the SWAT model, 2). Evaluation of socio-economic performance about land-use change, 3). Land-use change in support of the sustainability model and 4). The use of the FMADM model for land use management.

Analysis of the hydrological characteristics of the Tanralili Sub-watershed shows that: the base flow in 2010, 2015, and 2020 were 494.64 mm, 247.26 mm, and 256.48 mm, respectively, and the lateral flow was 524.66 mm, 257.29 mm, respectively. And 220.94 mm. The analysis of the socio-economic performance of the Tanralili Sub-watershed shows that (1) Population pressure is in the moderate category, (2) The average welfare level of the population in the Tanralili Sub-watershed is in the excellent category, (3) Enforcement of regulations related to watershed management in the Tanralili sub-watershed area in general, the Tanralili sub-watershed has achieved a good score. The direction of optimal management in the Tanralili Sub-watershed supports strip cropping conservation on agricultural land with a slope of 8%. The application of strip cropping conservation practices can reduce surface runoff from 1,679.15 mm to 1,650.85 mm.

Keywords: AHP, FMADM, land use, sustainable, Tanralili sub-watershed

## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	I
<b>ABSTRAK</b> .....	III
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>DAFTAR ISI</b> .....	V
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	X
<b>DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b> .....	ix

### **BAB I**

#### **PENDAHULUAN UMUM**

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Kebaruan Penelitian.....	5
F. Ruang Lingkup Penelitian.....	9
G. Sistematika Penulisan.....	15

### **BAB II**

#### **DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP ALIRAN DASAR DAN ALIRAN LATERAL BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN MODEL SWAT, STUDI KASUS: SUB-DAS TANRALILI**

A. Abstrak.....	17
B. Pendahuluan.....	18
C. Metode Penelitian.....	20
D. Hasil.....	23
1. Analisis Karakteristik Hidrologi Menggunakan Model SWAT.....	23
2. Parameterisasi Model.....	27

3. Kalibrasi Debit Aliran .....	28
4. Validasi Debit Aliran .....	29
E. Pembahasan.....	32
F. Kesimpulan .....	37

### **BAB III**

#### **EVALUASI KINERJA SOSIAL EKONOMI KAITANNYA DENGAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN STUDI KASUS: SUB-DAS TANRALILI**

A. Abstrak.....	38
B. Pendahuluan.....	39
C. Metode Penelitian.....	40
D. Hasil.....	44
E. Pembahasan.....	49
F. Kesimpulan .....	55

### **BAB IV**

#### **KAJIAN PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI SUB-DAS TANRALILI DALAM MENDUKUNG MODEL KEBERLANJUTAN DAS**

A. Abstrak.....	56
B. Pendahuluan.....	57
C. Metode Penelitian.....	59
D. Hasil.....	60
E. Pembahasan.....	62
F. Kesimpulan .....	64

### **BAB V**

#### **FUZZY MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING (FMADM) UNTUK PENGELOLAAN TATA GUNA LAHAN, STUDI KASUS: SUB-DAS TANRALILI**

A. Abstrak.....	65
B. Pendahuluan.....	66
C. Metode Penelitian.....	67
D. Hasil.....	70

E. Pembahasan.....	71
F. Kesimpulan .....	73

**BAB VI**

<b>PEMBAHASAN UMUM .....</b>	<b>74</b>
------------------------------	-----------

**BAB VII**

<b>SIMPULAN.....</b>	<b>82</b>
----------------------	-----------

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>83</b>
----------------------------	-----------

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Nomor urut		Halaman
1.1	Penelitian terkait pengelolaan DAS berkelanjutan di Sub-DAS Tanralili	6
2.1	Klasifikasi nilai NS	22
2.2	Kelas Lereng Sub-DAS Tanralili	24
2.3	Jenis Tanah Sub-DAS Tanralili	24
2.4	Penggunaan Lahan 2020 Sub-DAS Tanralili	25
2.5	Nilai parameter pada tahap kalibrasi model SWAT di Sub-DAS Tanralili	30
2.6	Tingkat perubahan penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili pada tahun 2010, 2015 dan 2020	33
2.7	Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Dasar Sub-DAS Tanralili Dari Hasil Analisis SWAT Tahun 2010, 2015, dan 2020	34
2.8	Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Lateral Bawah Permukaan Sub-DAS Tanralili Dari Hasil Analisis SWAT Tahun 2010, 2015, dan 2020	35
3.1	Sub kriteria, bobot, nilai dan klasifikasi tekanan penduduk, tingkat kesejahteraan penduduk, keberadaan dan penegakan hukum menurut P61/Menhut-II/2014.	42
3.2	Bobot dan nilai dari parameter untuk evaluasi daya dukung DAS.	44
3.3	Luas perubahan penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2010, 2015 dan 2020	45
3.4	Kepadatan penduduk tiap Kecamatan di Sub-DAS Tanralili periode tahun 2010, 2015 dan 2020.	46
3.5	Pendapatan per kapita Kabupaten di Sub-DAS Tanralili periode tahun 2010,2015 dan 2020.	48
3.6	Pertumbuhan ekonomi Kabupaten di Sub-DAS Tanralili.	48

3.7	Persentase masyarakat miskin Kabupaten di Sub-DAS Tanralili periode tahun 2010, 2015 dan 2020.	49
3.8	Nilai IKL tiap Kecamatan di Sub-DAS Tanralili Tahun 2010.	51
3.9	Nilai IKL tiap Kecamatan di Sub-DAS Tanralili Tahun 2015.	51
3.10	Nilai IKL tiap Kecamatan di Sub-DAS Tanralili Tahun 2020.	51
3.11	Tingkat kesejahteraan penduduk Sub-DAS Tanralili periode Tahun 2010.	52
3.12	Tingkat kesejahteraan penduduk Sub-DAS Tanralili periode Tahun 2015.	53
3.13	Tingkat kesejahteraan penduduk Sub-DAS Tanralili periode Tahun 2020.	53
3.14	Keberadaan dan penegakan aturan di Sub-DAS Tanralili Periode tahun 2010, 2015, dan 2020.	54
3.15	Hasil evaluasi kinerja sosial ekonomi di Sub-DAS Tanralili Tahun 2010, 2015 dan 2020.	54
4.1	Luas perubahan penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2010 dan 2020	61
5.1	Indeks kecocokan fuzzy	70
5.2	Nilai Total Integral	71
6.1	Matriks perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, social dan ekonomi.	74

## DAFTAR GAMBAR

Nomor urut		halaman
1.1	Kerangka pemikiran penelitian	12
1.2	Alur kegiatan penelitian	14
2.1	Peta Sub-DAS Tanralili	22
2.2	Curah Hujan Bulanan	27
2.3	Curah Hujan Tahunan	27
2.4	Perbandingan debit aliran observasi dan debit aliran model setelah kalibrasi (Januari 2010)	31
2.5	Grafik perbandingan debit aliran sungai aktual dan debit aliran sungai model setelah validasi (Januari 2015)	31
2.6	Aliran dasar (mm) pada penggunaan lahan 2010, 2015, dan 2020	34
2.7	Aliran Lateral (mm) pada penggunaan lahan tahun (a) 2010, (b) 2015 dan (c) 2020	36
2.8	Perbandingan aliran lateral antara musim kering (April – September) dan musim basah (Oktober – Maret)	36
3.1	Peta Sub-DAS Tanralili	41
3.2	Tingkat kepadatan penduduk di Sub-DAS Tanralili Tahun 2010, 2015 dan 2020	47
4.1	Peta Sub-DAS Tanralili	59
4.2	Analisis AHP untuk keberlanjutan fungsi Sub-DAS Tanralili	62

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
$A_i$	Alternatif ke-i
<i>ArcGIS 10.3</i>	Program sistem informasi geografis
<i>AWC</i>	Kapasitas ketersediaan air
<i>ALPHA_BF</i>	Faktor alfa aliran dasar
<i>AHP</i>	Analisis hirarkri proses
<i>BT</i>	Bujur timur
<i>BSN</i>	Basin
<i>BPS</i>	Badan pusat statistik
<i>C</i>	Kofisien aliran permukaan
<i>CN2</i>	Bilangan kurva larian
<i>CN</i>	Bilangan kurva
<i>CIO</i>	File management
<i>COD</i>	Chemical oxygen demand
<i>CROP</i>	Tanaman
<i>CH_N2</i>	Nilai awal untuk jalur utama
<i>CH_K2</i>	Konduktivitas hidrolik di jalur utama aluvium
<i>CR</i>	Rasio konsistensi
$C_i$	Kriteria
<i>DEM</i>	Digital elevation model

<i>ESCO</i>	Faktor penguapan tanah
<i>EPCO</i>	Faktor serapan tanaman
<i>ETM+</i>	Enhanced thematic mapper plus
<i>FIG</i>	Figure
<i>FLOW_OUT</i>	Debit keluaran
<i>FMADM</i>	Fuzzy multi kriteria decision making
$F_i$	Alternatif keputusan dengan prioritas tertinggi
<i>F</i>	Bilangan fuzzy segitiga
<i>FGD</i>	Fokus grup diskusi
<i>GW</i>	Ground water
<i>GW_REVAP</i>	Koefisien revap air bawah tanah
<i>GWQMN</i>	Ketinggian minimum aliran dasar
<i>GWC_DELAY</i>	Waktu 'tunda' air tanah
<i>GW_Alfa</i>	Alfa faktor aliran bawah tanah
<i>GIS</i>	Geografi informasi sistem
<i>ha</i>	Hektar
<i>HMD</i>	Kelembaban
<i>HRU</i>	Unit respon hidrologi
<i>IKL</i>	Indeks ketersediaan lahan
<i>Jiwa/km<sup>2</sup></i>	Jiwa per kilometer persegi
<i>LS</i>	Lintang selatan
<i>LAT_Q</i>	Aliran lateral

$m^3/km^2/tahun$	Meter kubik per kilometer persegi per tahun
$mm$	Milli meter
<i>MGT</i>	Management
$(m^3/detik)$	Meter kubik per detik
<i>MCDM</i>	Multi kriteria decision making
<i>NSE</i>	Nash sutchlife efficient
<i>NS</i>	Nash-sutcliffe
<i>PCP</i>	Presipitasi
<i>PDRB</i>	Produk domestik regional bruto
<i>RTE</i>	Routing input data file
<i>RCH</i>	File reach swat
<i>RCHRG_DP</i>	Fraksi perkolasi air dalam
<i>SOL</i>	Tanah
<i>SUB</i>	Sub basin
<i>SLF</i>	Aliran lateral bawah permukaan
$S_{it}$	Rating fuzzy untuk derajat kecocokan alternatif keputusan $a_i$
<i>SIG</i>	Sistem informasi geografis
<i>Sub-DAS</i>	Bagian dari das yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama
<i>SURLAG</i>	Koefisien <i>lag</i> aliran permukaan

<i>SWAT</i>	Soil and water assesment tool
<i>SWAT CUP</i>	Program kalibrasi model swat
<i>SLR</i>	Solar/radiasi matahari
$T(x)$	Derajat kecocokan setiap alternatif dengan kriterianya
<i>ton/ha/thn</i>	Ton hektar per tahun
<i>TMP</i>	Temperatur
$W_t$	Bobot untuk kriteria $c_t$
<i>WGN</i>	Weather general network
$(x)$	Variable linguistik
$(^{\circ}C)$	Derajat celcius
$(0 \leq \alpha \leq 1)$	Derajat keoptimisan bagi pengambil keputusan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN UMUM**

### **A. Latar Belakang**

Upaya pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) adalah bertujuan menciptakan kondisi yang optimal dari komponen sumberdaya vegetasi, tanah dan air dalam suatu DAS sehingga mampu memberi manfaat yang maksimal dan berkesinambungan bagi kesejahteraan manusia. Dalam kenyataannya, sistem pengelolaan DAS memiliki banyak permasalahan diantaranya keterbatasan sumberdaya dan kepentingan sering bertentangan (konflik) yang terus muncul dari tahun ke tahun sehingga menyebabkan kualitas DAS menurun. Permasalahan yang menyebabkan kondisi DAS yang tidak optimal antara lain karena ketidakterpaduan pengelolaan antar sektor dan antar wilayah DAS tersebut. Dengan kata lain, pengelolaan wilayah DAS masih berjalan sendiri-sendiri dengan tujuan yang kadang bertolak belakang. Dalam pengelolaan DAS terpadu selain mempertimbangkan faktor biofisik dari hulu sampai hilir juga perlu mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi, kelembagaan dan hukum.

Permasalahan kerusakan DAS yang semakin meningkat dan berdampak pada bencana banjir dan kekeringan, merupakan rangkuman fenomena-fenomena sebelumnya dan hingga saat ini belum menyentuh ke pokok masalah. Intensitas dan frekuensi kerusakan DAS meningkat dari waktu ke waktu seiring dengan penambahan jumlah penduduk, industri, alih fungsi lahan untuk pemenuhan kebutuhan hidup seperti kegiatan pertanian, pengembangan perumahan, kawasan budidaya dan sebagainya. Kerusakan DAS ini akan berdampak pada timbulnya permasalahan lingkungan yaitu kejadian banjir, kemarau berkepanjangan, pendangkalan sungai akibat sedimentasi, tanah yang tererosi, adanya eutrikifikasi, penurunan kualitas air dan lain sebagainya yang tentunya akan berdampak pada kondisi sosial ekonomi masyarakat dalam DAS. Bencana banjir dan kekeringan yang terjadi dalam dekade terakhir di Kabupaten Maros menyebabkan kerugian fisik dan material. Laporan Celebes Media di tahun 2019 mencatat terjadi banjir di 11 Kecamatan dari 14 Kecamatan di

Kabupaten Maros yang merendam areal persawahan dan pemukiman masyarakat.

Kegiatan alih fungsi lahan yang tidak terarah merupakan salah satu penyebab kerusakan DAS, sehingga menimbulkan masalah yang kompleks secara fisik, ekonomi dan sosial baik di hulu maupun di hilir. Contoh kerusakan DAS yang diakibatkan oleh kegiatan alih fungsi lahan seperti misalnya penggunaan hutan menjadi pemukiman, perkebunan/pertanian terutama praktek pertanian yang tidak menerapkan teknik konservasi tanah dan air. Hasil penelitian (Sukmawati, 2019), menunjukkan bahwa selama kurun waktu 10 tahun (2009 - 2019), terjadi penurunan luas jenis penggunaan lahan hutan 1.455,749 ha (- 27,83%) dari area total Sub-DAS Tanralili, terjadi peningkatan pada luas jenis penggunaan lahan perkebunan 76,28 ha (1,46%), permukiman 167,72 ha (3,21%), sawah 754,872 ha (14,43%), semak belukar 176,142 ha (3,36%), dan tegalan 280,736 ha (5,37%). Selain itu, terjadi peningkatan total erosi sebesar 34.407,70 ton.ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> yaitu dari 338,68 ton.ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> pada tahun 2009 menjadi 34.746,38 ton.ha<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup> pada tahun 2019. Pengelolaan lahan tanpa mempertimbangkan kemampuan dan daya dukung lahan telah mengakibatkan kerusakan DAS sehingga terjadinya erosi tanah, sedimentasi sungai, fluktuasi debit sungai (banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau), dan menurunnya produktivitas lahan (Sinukaban, 2007).

Dampak buruk ekosistem DAS adalah tingginya nilai koefisien aliran permukaan rata-rata (C), dimana nilai C rata-rata semakin besar yang menyebabkan debit banjir yang dihasilkan lebih besar (Halim, 2014). Perubahan hidrologi dalam ekosistem lahan merupakan dampak dari perubahan penggunaan lahan dan penutupan lahan (X. Zhang et al., 2007). Tanaman penutup dan tipe penggunaan lahan juga mempengaruhi besarnya debit aliran sungai, sehingga dengan adanya perubahan penggunaan lahan pada suatu DAS akan berpengaruh pada debit aliran sungai di wilayah DAS tersebut (Sinukaban et al., 2000). Hasil penelitian (Zubair, 2008a) menunjukkan bahwa kurun waktu 1996-2005 telah terjadi penurunan luas lahan hutan sebesar 19.301 ha atau sekitar (77.89 %) di DAS Maros yang menjadi bagian dari Sub DAS Tanralili dan telah menyebabkan terjadinya peningkatan volume aliran sungai sebesar 46.10 %, meningkatkan debit puncak sebesar 127.13 % dan menurunkan debit minimum sebesar 60.58 %. Karakteristik hidrologi seperti infiltrasi, aliran permukaan, aliran dasar dan resapan air tanah, dapat terpengaruh oleh dampak

dari perubahan pasokan air akibat perubahan penggunaan lahan dalam DAS (Y. P. Lin et al., 2007).

Pengembangan konsep pengelolaan terpadu DAS (PTDAS) tidak terlepas dari konsep dasar pengelolaan lingkungan (*environmental management*) yang melibatkan komponen-komponen dasar sumberdaya, lingkungan dan kegiatan pemanfaatan (pembangunan ekonomi) berbasis DAS. Hubungan ketiganya dapat dinyatakan dalam suatu siklus pertukaran energi, materi dan informasi. Sebagai suatu pendekatan perencanaan dan pengelolaan untuk mencapai satu atau lebih hasil yang lebih baik, maka PTDAS dalam mengelola siklus pertukaran ini harus bersifat (1) berkelanjutan secara ekologis, (2) pengambilan keputusannya bersifat proaktif dan antisipatif, (3) memperhatikan keseimbangan efektif dan merata antara pengguna sumberdaya dan kelompok lain yang terpengaruh, dan (4) memperhitungkan perubahan-perubahan sosial dan ekonomi (Hazairin et al., 2018).

Faktor sosial ekonomi di Sub-DAS Tanralili menjadi bagian penting dalam upaya pengelolaan lahan berkelanjutan. Secara umum masyarakat memanfaatkan sumberdaya alam yang ada untuk memenuhi kebutuhan hidupnya seperti pertanian, domestik dan industri, namun dalam upaya pemenuhan kebutuhan hidup tersebut, masyarakat tidak memanfaatkan secara efisien sehingga terjadi kerusakan lingkungan di dalam DAS. Penggunaan lahan dapat berubah menurut ruang dan waktu, hal ini disebabkan karena lahan sebagai salah satu sumber daya alam merupakan unsur yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Perubahan penggunaan lahan sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang dilakukan karena sifat lahan yang tetap, sedangkan aktivitas manusia berubah-ubah dan cenderung meningkat dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya. Dari waktu ke waktu, lahan telah dimodifikasi manusia untuk berbagai jenis penggunaan, diantaranya hutan diubah menjadi lahan pertanian, kebun, dan permukiman. Perubahan penggunaan lahan yang intensif tanpa memperhatikan keberlanjutan fungsi sumberdaya alam dan lingkungan mengakibatkan degradasi lahan dan erosi (Lambin et al., 2003).

Diperlukan upaya pengelolaan untuk mengatasi masalah ini. Beberapa upaya strategi dilakukan masyarakat di Sub-DAS Tanralili seperti: strategi masyarakat untuk memenuhi kebutuhan keuangan rumah tangga, kebutuhan pangan rumah tangga, kebutuhan air bersih, kebutuhan energi, kebutuhan kayu untuk perbaikan rumah, dan kebutuhan kesehatan. Selama tiga dekade terakhir

ini telah muncul kesadaran keterkaitan atau interaksi antara masyarakat dengan lingkungan alam. Kesadaran ini dipertajam dengan perhatian mengenai kelangkaan sumberdaya, kerusakan lingkungan dan isu-isu lingkungan global seperti perubahan iklim, telah memotivasi berbagai usaha untuk memasukan aset dan jasa-jasa lingkungan. Hal ini merupakan bagian dari usaha yang lebih besar untuk mengembangkan indikator ekonomi yang lebih besar berfokus pada kualitas lingkungan (Rukmana, 2012).

Penelitian terkait FMADM di Sub-DAS Tanralili belum pernah dilakukan, namun telah digunakan di beberapa DAS lain seperti penelitian Faridah and Ahmad, (2011) mengenai analisis degradasi yang terjadi di DAS Mamasa. Penelitian ini menggunakan model FMADM, dikarenakan telah menyebabkan terjadinya erosi yang melebihi batas toleransi dan sedimentasi di Waduk Bakaru yang melebihi *dead storage sediment*. Untuk itu diperlukan pengelolaan penggunaan lahan di DAS tersebut agar dapat menurunkan tingkat kerusakan DAS. Secara menyeluruh penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu model penggunaan lahan yang sesuai dan juga dapat menurunkan laju erosi di DAS Mamasa serta sedimentasi di Waduk Bakaru. Dari hasil penelitian, model penggunaan lahan yang dapat menurunkan laju sedimentasi sebesar  $132,08 \text{ m}^3.\text{km}^{-2}.\text{thn}^{-1}$  adalah hutan seluas 56,39 %, agroforestri 9,22 %, kebun campuran 9,12 %, dan hutan tanaman buah-buahan 8,25 %, selebihnya berupa penggunaan lahan dan tindakan konservasi tanah: penanaman dalam strip, rotasi tanaman, pembuatan teras bangku pada lahan sawah, penghijauan dan tanaman penutup tanah serta penanaman tanaman perkebunan seperti tanaman kopi (Faridah et al., 2011).

Dengan demikian dari beberapa uraian mengenai permasalahan di wilayah DAS Maros dan terkhusus pada wilayah Sub-DAS Tanralili maka perlu dilakukan penelitian terkait pengelolaan DAS secara berkelanjutan yang berbasis penggunaan lahan untuk mengidentifikasi karakteristik Sub-DAS Tanralili ditinjau dari sub sistem hidrologi dan sosial ekonomi dalam kaitannya dengan kegiatan pemanfaatan lahan untuk menunjang DAS berkelanjutan. Pengelolaan DAS berkelanjutan sangat penting dilakukan mengingat kerusakan DAS pada suatu wilayah merupakan cerminan kerusakan sumberdaya hutan, tanah dan air di wilayah tersebut yang berdampak pada kondisi sosial ekonomi masyarakat.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, sosial dan ekonomi di Sub-DAS Tanralili.
2. Bagaimana arahan penggunaan lahan optimal di Sub-DAS Tanralili untuk menunjang DAS berkelanjutan.

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi, sosial dan ekonomi di Sub-DAS Tanralili.
2. Menyusun arahan pengelolaan lahan optimal di Sub-DAS Tanralili untuk menunjang Sub-DAS Tanralili secara berkelanjutan.

## **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan dalam mengatur pemanfaatan penggunaan lahan yang optimal untuk mewujudkan DAS yang berkelanjutan di Sub-DAS Tanralili Provinsi Sulawesi Selatan.

## **E. Kebaruan Penelitian**

Dari beberapa hasil studi pustaka diperoleh informasi terkait penelitian-penelitian mengenai Sub-DAS Tanralili. Dari beberapa penelitian tersebut banyak

ditemukan penelitian mengenai analisis biofisik, sedangkan analisis ekonomi dan sosial belum banyak dijumpai terkhusus pada wilayah Sub-DAS Tanralili. Berikut adalah gambaran penelitian-penelitian yang ada di wilayah Sub-DAS Tanralili (Tabel 1):

Tabel 1.1. Penelitian terkait pengelolaan DAS berkelanjutan di Sub-DAS Tanralili

No (1)	Biofisik (2)	Sosial Ekonomi (3)	Peneliti (4)	Metode (5)
1	Analisis penggunaan lahan dalam rangka pelestarian sumberdaya tanah dan air di Sub-DAS Tanralili	-	(PAKASI, 1995)	Analisis Deskriptif
2	-	Studi partisipasi masyarakat dalam program konservasi tanah dan air di DAS Tanralili Kabupaten Dati II Maros	(Musdalifah, 1999)	Analisis Deskriptif Kualitatif
3	Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakter hidrologi daerah aliran sungai Maros di Provinsi Sulawesi Selatan	-	(Zubair, 2008a)	Analisis Deskriptif
4	Analisis pola penggunaan lahan daerah aliran sungai Tanralili	-	(Asier, 2007)	Analisis GIZ
5	Pemodelan konservasi tanah dan air untuk menurunkan laju sedimentasi di Sub-DAS Tanralili	-	(Ratih, 2015)	Analisis Deskriptif
6	Perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap karakteristik hidrologi Sub-DAS Tanralili Provinsi Sulawesi Selatan menggunakan model SWAT	-	(Surahman, 2016)	Analisis Deskriptif SWAT

No (1)	Biofisik (2)	Sosial Ekonomi (3)	Peneliti (4)	Metode (5)
7	-	Strategi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan keluarga di sekitar Sub-DAS Tanralili Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros	(Hayati, 2016)	Wawancara dan Kusiner
8	The influence of land use and rainfall on shallow landslides in Tanralili sub-watershed, Indonesia	-	(Hasnawir et al., 2017)	Analisis NDVI
9	Dinamika erosi di Sub DAS Tanralili sehubungan dengan perubahan penggunaan lahan tahun 2009-2019	-	(Sukmawati, 2019)	Analisis menggunakan USLE
10	Pengelolaan DAS berkelanjutan berbasis penggunaan lahan dengan metode Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM): studi kasus Sub-DAS Tanralili, Provinsi Sulawesi Selatan		Penelitian saat ini	SWAT AHP FMADM

Penelitian yang dilakukan oleh (Sukmawati, 2019) : Penelitian ini dilaksanakan di Sub-DAS Tanralili, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros yang merupakan Sub-DAS dari DAS Maros dengan luas 26.343,4 Ha. Penelitian ini didasari oleh semakin berkurangnya lahan hutan di Sub-DAS Tanralili yang berubah menjadi lahan perkebunan, permukiman, sawah, semak belukar, dan tegalan yang dapat meningkatkan laju erosi. Potensi erosi akan meningkat dengan semakin berkurangnya tutupan lahan dan minimnya tindakan konservasi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dinamika erosi akibat dampak perubahan penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dan validasi melalui survey lapang di 30 titik sampel dengan teknik purposive sampling. Data penggunaan lahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Citra Satelit Landsat 7 ETM+ yang diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS) sebagai data untuk membuat peta penggunaan lahan tahun 2009, sedangkan Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT)

yang diunduh dari (*SAS.Planet*) digunakan untuk mendapatkan peta penggunaan lahan tahun 2019. Untuk pendugaan besarnya erosi menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

Penelitian yang dilakukan oleh (Hasnawir et al., 2017) : terjadinya longsor dangkal yang dipicu oleh intensitas curah hujan yang tinggi adalah faktor dari perubahan tutupan lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penggunaan lahan dan curah hujan pada tanah longsor dangkal menggunakan indeks vegetasi perbedaan yang dinormalisasi (NDVI) dan ambang curah hujan anteseden. Analisis NDVI menggunakan data deret waktu *landsat* 2000, 2003, 2006, 2009, 2011 dan 2013 dan dilakukan di Sub-DAS Tanralili.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hayati, 2016) : usaha pemenuhan kebutuhan hidup merupakan tingkat kemampuan masyarakat dalam mengatasi permasalahan kebutuhan hidupnya sesuai dengan keinginan dan sumberdaya yang dimiliki dengan caranya sendiri. Tingkat kemampuan masyarakat yang berada di sekitar Sub-DAS Tanralili berbeda-beda dalam mengatasi permasalahan kebutuhan hidup. Inilah yang mendasari cara mengembangkan kekuatan untuk bertahan dengan cara hidup yang sesuai dengan kebudayaan berbeda-beda pada setiap komunitas. Upaya pemenuhan kebutuhan hidup keluarga yang biasanya dilakukan masyarakat di sekitar Sub-DAS Tanralili adalah dengan cara memaksimalkan dengan baik manfaat sumberdaya yang dimiliki, minta tolong dengan cara berhutang pada kerabat dan tetangga serta berusaha agar kebutuhannya dicukupkan seadanya. Dengan demikian, pemerintah daerah setempat sebaiknya menyediakan akses seperti pasar, fasilitas kesehatan, pendidikan dan pelayanan publik serta mengaktifkan kegiatan penyuluhan bagi masyarakat agar masyarakat lebih bertumbuh dan sejahtera. Studi ini menjelaskan mengenai usaha apa saja yang dilakukan oleh masyarakat di sekitar Sub-DAS Tanralili sebagai strategi dalam memenuhi kebutuhan keluarga.

Penelitian yang dilakukan oleh (Surahman, 2016): fokus pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) pada dasarnya bertujuan menciptakan kondisi yang optimal dari komponen sumberdaya seperti vegetasi, tanah dan air sehingga mampu memberi manfaat yang maksimal dan berkelanjutan bagi kesejahteraan hidup manusia. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak perubahan

penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi Sub-DAS Tanralili dan menyusun rekomendasi pengelolaan lahan terbaik di Sub-DAS Tanralili.

Dari beberapa penelitian di atas diperoleh informasi bahwa, dalam rangka menganalisis tingkat kerusakan di Sub-DAS Tanralili, peneliti lebih banyak memfokuskan pada kajian biofisik sebagai faktor yang paling berpengaruh dalam indikator kerusakan DAS sehingga memberikan dampak terhadap wilayah Sub-DAS Tanralili namun tidak secara holistik dalam rangka pengelolaan DAS secara terpadu. Dengan demikian, kebaruan (*Novelty*) penelitian ini adalah: Penelitian ini mencoba menggabungkan komponen biofisik dan sosial ekonomi sebagai unsur yang ada di dalam DAS menjadi satu kesatuan komponen analisis yaitu terkait karakteristik hidrologi dan sosial ekonomi guna pemecahan masalah pengelolaan DAS yang belum optimal dan tidak berkelanjutan seperti yang telah terjadi di Sub-DAS Tanralili. Dalam proses pencapaian tujuan seperti yang diharapkan, penelitian ini menggunakan model SWAT, AHP dan model FMADM (*Fuzzy Multi Attribute Decision Making*) sebagai alat untuk menjawab permasalahan tersebut. Dengan demikian diharapkan masalah-masalah terkait pengelolaan wilayah DAS khususnya di Sub-DAS Tanralili dapat dipecahkan oleh model yang digunakan agar tercipta kondisi DAS yang optimal dan berkelanjutan. Mengingat pengelolaan DAS secara terpadu (*integrated*) merupakan sebuah pendekatan secara holistik dalam rangka pengelolaan sumberdaya alam agar lestari.

## **F. Ruang Lingkup Penelitian**

Secara geografis Sub-DAS Tanralili terletak antara 5°0' s/d 5° 12' LS dan 199° 34' s/d 119° 56' BT dengan luas 27.838,90 ha dan terletak pada wilayah DAS Maros. Sub-DAS Tanralili mempunyai peran penting sebagai salah satu sumber kebutuhan air bersih yang digunakan sebagai air minum bagi masyarakat Kota Makassar bagian Timur dan bagian Utara, dan juga termasuk sumber air bagi perkembangan sektor di bidang pertanian dan perikanan masyarakat yang berada pada bagian hulu, tengah dan hilir DAS. Sub-DAS Tanralili banyak mengalami permasalahan yang meningkat dari tahun ke tahun seperti masalah erosi, sedimentasi, banjir dan kekeringan. Permasalahan ini dapat dilihat dari adanya kerusakan yang terjadi di Sub-DAS Tanralili dengan indikator perbedaan

debit maksimum dan debit minimum yang ekstrim, erosi yang menyebabkan terjadinya sedimentasi dan pendangkalan pada fasilitas publik/infrastruktur bendungan PDAM Lekopancing.

Penilaian penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan membantu mendeteksi sejauh mana pengaruh manusia terhadap lingkungan alam. Banyak peneliti menganggapnya sebagai proses yang penting mempengaruhi pengaturan alam dan kondisi sosial ekonomi di daerah, tingkat regional dan global (Butt et al., 2015); (Ramankutty et al., 1999); (Wubie et al., 2016). Dalam kebanyakan kasus, penggunaan lahan dan perubahan tutupan lahan adalah kegiatan manusia yaitu, menebang pohon dan konversi dari lahan hutan menjadi lahan pertanian atau pemukiman masyarakat yang menyebabkan gangguan pada keanekaragaman hayati, neraca air dan radiasi, mempengaruhi jejak emisi gas dan proses lainnya yang secara kumulatif mempengaruhi iklim dan biosfer (Rawat et al., 2015).

Perubahan penutupan lahan di Sub-DAS Tanralili, dalam rentan waktu 10 tahun (1996-2005) yaitu hutan terdegradasi seluas 5.795 ha atau setara kerusakan dengan laju 1.58 ha/hari dan erosi yang terbesar terjadi di daerah semak belukar, atau sebesar 38.48 ton/ha/thn, sedangkan jumlah total sedimentasi hasil erosi yang merupakan kontribusi dari masing-masing jenis penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili pada tahun 2005 adalah sebesar 74.99 ton/ha/thn. Dampak tersebut menyebabkan terjadinya perubahan besar antara volume debit total aliran sungai pada outlet Tompobulu sebesar  $776 \times 10^6 \text{ m}^3$  pada tahun 1997 dan pada tahun 2005 volumenya menurun hingga  $201.21 \times 10^6 \text{ m}^3$  atau debit air di Lekopancing mengalami penurunan hingga 80% dari 1.000 liter/detik (pada kondisi normal) menjadi 200 liter/detik. Dari hasil analisis memperlihatkan bahwa luas lahan kawasan lindung yang diperlukan di DAS Tanralili adalah 18.754,41 ha atau 71.19%, kawasan penyangga seluas 3.112,18 ha atau 11.81%, dan pembangunan kawasan budidaya tanaman tahunan maupun tanaman semusim seluas 4476.91 ha atau 16.98% dari luas wilayah DAS Tanralli (Asier, 2007).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Surahman, 2016), menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan luas penggunaan lahan periode tahun 2005-2008 yaitu pada penggunaan lahan pertanian lahan kering campuran serta meningkatnya penggunaan lahan semak/belukar dan sawah yang mengakibatkan peningkatan nilai koefisien aliran permukaan (C) dari 0.19

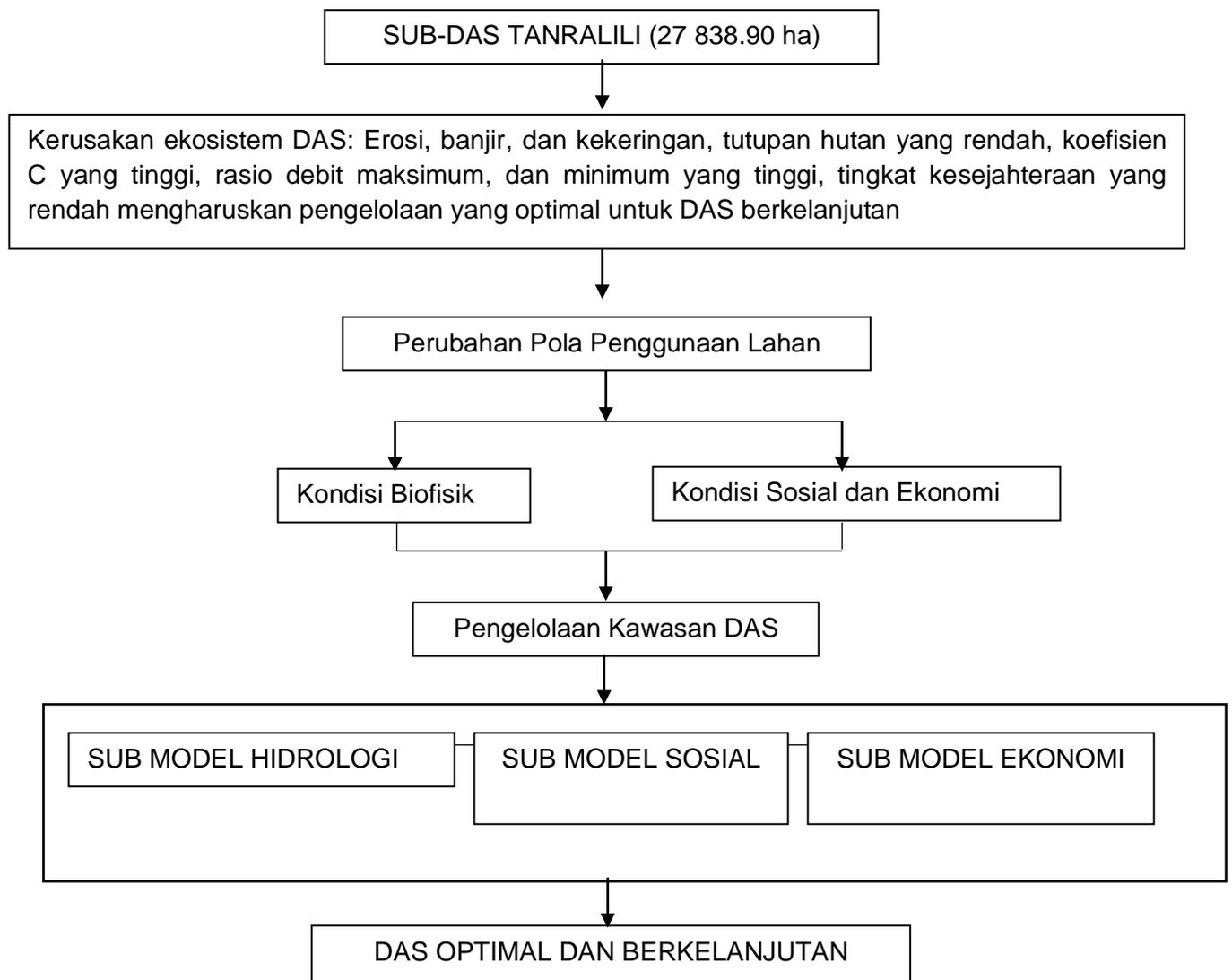
menjadi 0.40, dan nilai koefisien regim sungai (KRS) dari 46.42 menjadi 203.52. Konversi lahan dari penggunaan yang dapat meresapkan air dengan baik ke dalam tanah menjadi penggunaan yang menyebabkan hilangnya kemampuan tanah dalam meresapkan air mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah curah hujan yang menjadi aliran permukaan. Perubahan Penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2005-2011 berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi. Nilai C, dan nilai KRS tahun 2005 dan 2011 masing-masing sebesar 0.10 (baik) dan 46.42 (baik) menjadi 0.24 (baik) dan 71.22 (sedang).

Pada tahun 2000 tutupan lahan dengan tingkat kerapatan vegetasi tinggi antara 81% hingga 100% adalah sekitar 8.548 ha atau sekitar 33.28% dari total area Sub-DAS Tanralili. Namun, setelah 13 tahun, tingkat kerapatan vegetasi tinggi menurun menjadi hanya 2.329 ha atau 9.07%. Ini menunjukkan telah terjadi kehilangan kepadatan vegetasi yang tinggi sekitar 24.21% atau 6.219 ha. Penurunan kepadatan vegetasi adalah disebabkan terutama oleh perubahan penggunaan lahan, terutama semak dan hutan menjadi pertanian lahan kering campuran (Hasnawir et al., 2017).

Pada penelitian kuantitatif kerentanan erosi, banyak peneliti menggunakan teknik pembuatan keputusan multi kriteria (MCDM) yang diterapkan untuk pengambilan keputusan dengan tingkat akurasi keputusan yang tinggi dan diterima secara luas untuk keputusan yang akurat, di mana peringkat keputusan tidak hanya bergantung pada satu kriteria, tetapi juga mengambil beberapa kriteria penting lainnya (Georgiou et al., 2015), (Govindan et al., 2016), (Mulliner et al., 2016). Beberapa Model MCDM termasuk AHP (*Analytical Hierarchy Process*), ANP (*Analytic Network Process*) dan VIKOR juga digunakan untuk keputusan yang akurat (Saha, 2017); yang sekarang dikombinasikan sebagai alat yang lebih efektif untuk penentuan prioritas sub-basin bersama dengan integrasi teknik logika fuzzy (Aher et al., 2014); (Kharat et al., 2016).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Munir (2014) dengan menggunakan *Fuzzy Multi Attribute Decision Making* pada DAS Jeneberang menunjukkan laju sedimentasi dapat dikurangi dari 18.43 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/tahun menjadi 4.63 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/tahun. Ini dapat dihasilkan dari nilai vektor persimpangan 0.799 yang dikaitkan dengan praktik konservasi rotasi tanaman. Namun, praktik konservasi rotasi tanaman tersebut dapat dilibatkan dengan meningkatkan keterampilan petani dan tingkat teknologi.

Di dalam upaya pengelolaan Sub-DAS Tanralili maka penelitian ini lebih ditekankan kepada karakteristik hidrologi, daya dukung dan pendapatan masyarakat. Karakteristik hidrologi dapat dipakai sebagai indikator kerusakan lingkungan (lingkungan biofisik) sedangkan daya dukung dan pendapatan dapat dipakai sebagai indikator sosial ekonomi (lingkungan sosial ekonomi). Kerangka model pengelolaan kawasan ekosistem Sub-DAS Tanralili dituangkan dalam kerangka penelitian pada Gambar 1.1.



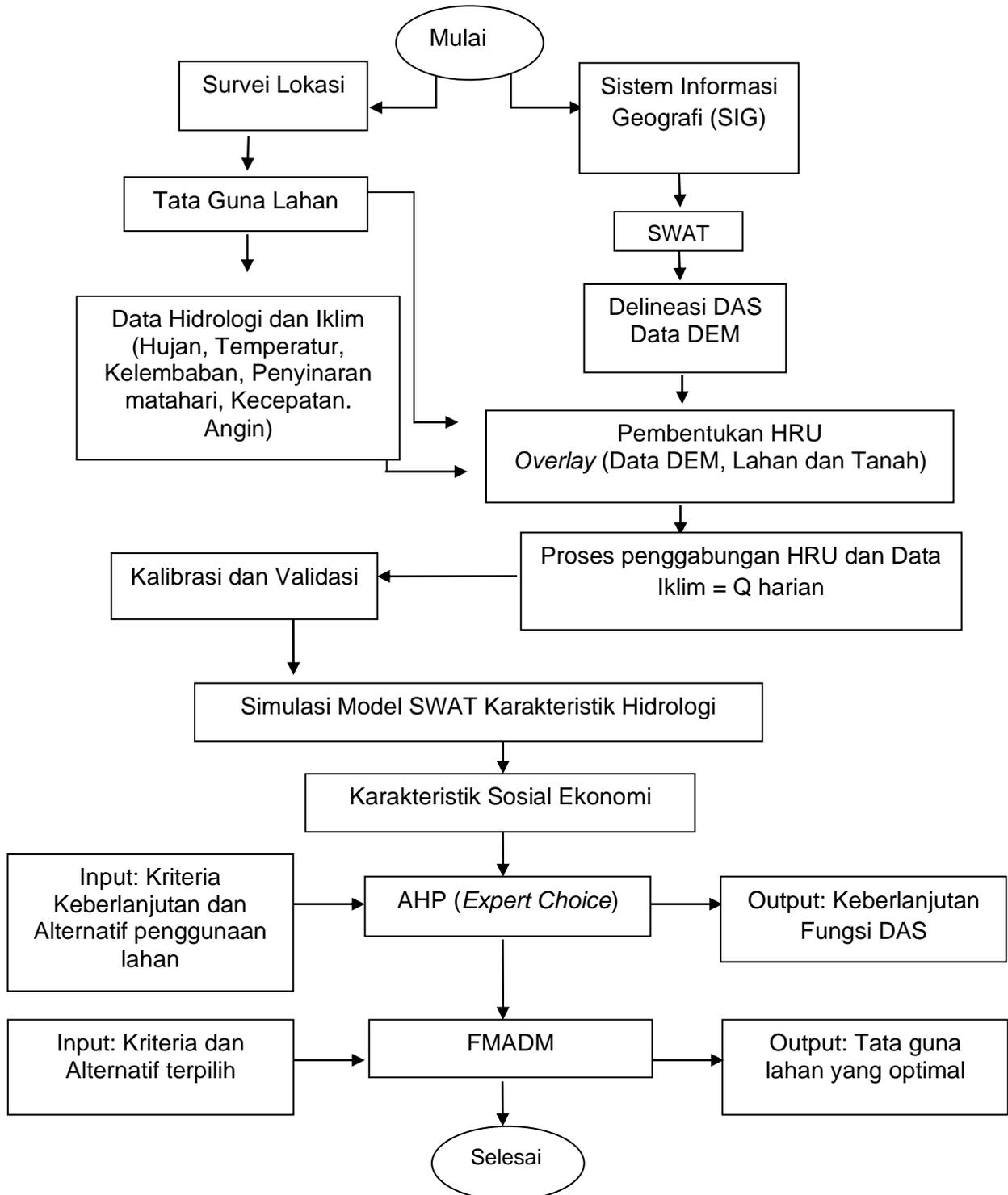
Gambar 1.1. Kerangka pemikiran penelitian

Tahapan pemodelan hidrologi dan sosial ekonomi ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pada tahapan sub model hidrologi Gambar 2.1. dilakukan menggunakan Analisis SWAT. Analisis SWAT pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi seperti aliran dasar dan aliran lateral bawah permukaan. Dalam beberapa waktu terakhir, SWAT telah digunakan untuk berbagai penggunaan aplikasi pengelolaan DAS Di Indonesia. Susila *et al.*, (2012) menggunakan model aplikasi SWAT dalam penelitian sistem *agroforestry* sayur-sayuran di DAS Cisadane kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor. Aplikasi model SWAT menurut Susila *et al.*, (2012) dapat diterima dengan baik dan digunakan secara luas di DAS Citarum dan Cimanuk Jawa Barat, untuk investigasi keamanan pangan. SWAT juga telah digunakan untuk menganalisis respon hidrologi dari perubahan penggunaan lahan di Sub-DAS Cirasea yang merupakan Hulu DAS Citarum di Propinsi Jawa Barat oleh Yusuf, (2018). Disimpulkan bahwa perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Cirasea mengakibatkan terjadinya perubahan respon hidrologi khususnya aliran permukaan dan aliran dasar (*base flow*). Konversi lahan dari penggunaan lahan yang dapat meresapkan air dengan baik ke dalam tanah menjadi penggunaan lahan yang menyebabkan hilangnya kemampuan tanah dalam meresapkan air mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah curah hujan yang menjadi aliran permukaan.

Penelitian Junaidi dan Maryani, (2013) menjelaskan bahwa tingkat kemiskinan masyarakat diduga memicu proses tingginya deforestasi dan degradasi hutan. Usaha pelestarian hutan tidak dapat dipisahkan dari kondisi lingkungan sekitarnya, baik yang bersifat ekologis, ekonomis maupun sosial. Untuk itu, pengelolaan sumberdaya hutan perlu dilakukan dengan berorientasi ekosistem secara keseluruhan. Masyarakat yang bermukim di sekitar Sub-DAS Tanralili sebagian besar mempunyai keterbatasan dalam mengakses pasar, informasi kesehatan, dan fasilitas umum lainnya (Hasnawir *et al.*, 2017).

Sub model ekonomi dirancang untuk mengetahui dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik sosial ekonomi Sub-DAS Tanralili yang dinilai dari indeks ketersediaan lahan, rata-rata pendapatan dan ada tidaknya aturan di masyarakat yang berkaitan dengan konservasi. Dalam menyusun arahan keberlanjutan DAS Dalam menetapkan skenario keputusan yang layak digunakan analisis keputusan dengan menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy*

*Process*). Agar komunikasi timbal balik antara model dan pengguna model efektif dalam menentukan tata guna lahan yang optimal di Sub-DAS Tanralili maka digunakan FMADM (*Fuzzy Multi Attribute Decision Making*).



Gambar 1.2 Alur kegiatan penelitian

Berdasarkan lingkup penelitian yang diuraikan di atas maka telah dilakukan serangkaian penelitian sekuensial terhadap:

1. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar, menggunakan model SWAT
2. Aliran lateral bawah permukaan menggunakan model SWAT
3. Evaluasi kinerja sosial ekonomi kaitannya dengan perubahan penggunaan lahan
4. Perubahan penggunaan lahan dalam mendukung model keberlanjutan
5. Penggunaan model FMADM untuk pengelolaan tata guna lahan.

## **G. Sistematika Penulisan**

Sistematika penelitian dibangun berdasarkan logika penelitian sebagaimana ditunjukkan sebagai berikut:

- Bab I Menguraikan tentang pendahuluan secara umum yang meliputi latar belakang, masalah, tujuan, manfaat, kebaruan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.
- Bab II Menguraikan mengenai artikel yang telah di publish pada IOP Conference series Earth and Enviromental Science. Artikel ini membahas tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mengkaji dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar dan aliran lateral bawah permukaan di Sub-DAS Tanralili menggunakan analisis Model SWAT.
- Bab III Menguraikan mengenai artikel yang telah di submit pada Journal Perspective on Science. Artikel ini membahas tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik social ekonomi. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mengevaluasi kinerja sosial ekonomi Sub-DAS Tanralili kaitannya dalam perubahan penggunaan lahan berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. P.61/Menhut-II/2014.

- Bab IV Menguraikan mengenai artikel yang telah di publish pada Journal Design Engeneering. Artikel ini membahas tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan dalam mendukung keberlanjutan proses-proses hidrologi dan sosial ekonomi dalam Sub-DAS Tanralili. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan periode 2010 dan 2020 di Sub-DAS Tanralili dalam menentukan pengelolaan yang optimal berdasarkan model keberlanjutan DAS
- Bab V Menguraikan tentang pengaruh penggunaan model FMADM untuk perencanaan pengelolaan tata guna lahan berkelanjutan. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah memperoleh faktor pembobotan yang digunakan untuk merumuskan penggunaan lahan yang optimal di Sub-DAS Tanralili.
- Bab VI Menunjukkan simpulan umum yang diangkat dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

## BAB II

# DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP ALIRAN DASAR DAN ALIRAN LATERAL BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN MODEL SWAT, STUDI KASUS: SUB-DAS TANRALILI\*

### A. Abstrak

Perubahan penggunaan lahan/penggunaan lahan berdampak pada kondisi ekosistem DAS terutama dalam menunjang ketersediaan sumber daya air yang saat ini menjadi permasalahan dalam pemenuhan kebutuhan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar dan aliran lateral bawah permukaan di Sub-DAS Tanralili. Tahapan dalam menjalankan SWAT model terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu: (1) melakukan deliniasi DAS; (2) membentuk HRU (3) Analisis Unit Respon Hidrologi (HRU); (4) memasukan data iklim; (5) membangun data iklim; (6) menjalankan model; (7) melakukan kalibrasi dan validasi dan (8) melakukan simulasi parameter hidrologi untuk menentukan pengelolaan lahan terbaik. Pelajaran ini menunjukkan bahwa model memiliki performansi yang baik dalam memprediksi debit aliran dengan nilai NSE pada proses kalibrasi sebesar 0.23 (*acceptable*). Dalam memprediksi debit-debit pada proses validasi nilai NSE adalah 0,62. Hasil simulasi SWAT dapat memprediksi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologis, khususnya aliran dasar dan aliran lateral di Sub-DAS Tanralili. Analisis karakteristik hidrologi Sub-DAS Tanralili, hasil SWAT tahun 2010, 2015, dan 2020 dapat ditunjukkan dengan hasil aliran dasar masing-masing sebesar 494,64 mm 247,26 mm, dan 256,48 mm dan aliran lateral masing-masing sebesar 524.66 mm, 257.29 mm, dan 220.94 mm.

**Kata Kunci:** Aliran Dasar, Aliran lateral, SWAT, Sub-DAS, Tanralili

-----

\*) Telah di presentasikan di Seminar Internasional FSSAT, di Makassar

\*) Publish pada IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science **807** (2021)

\*)Telah di Submit di Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)

## B. Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan adalah tren umum di semua bagian dunia. Informasi tentang siklus air dalam sistem ekologi sangat penting untuk pengelolaan air di daerah tangkapan air dalam menghadapi perubahan global. Pada skala ini, dampak perubahan penggunaan/tutupan lahan mempengaruhi siklus karbon dan nitrogen di atmosfer, albedo, limpasan permukaan, kapasitas menahan air tanah, dan keanekaragaman hayati (Devaraju et al., 2018) (Winckler et al., 2018). Perubahan penggunaan lahan mempengaruhi siklus hidrologi dalam skala regional dan global (Rockström et al., 2009).

Dalam siklus hidrologi, curah hujan merupakan faktor penting dalam mendukung sumberdaya yang berperan dalam kegiatan global dan sosial ekonomi. Besarnya aliran sungai sangat dikendalikan oleh curah hujan dan aliran air tanah, yang secara signifikan mempengaruhi pengendalian banjir, tenaga air, navigasi, dan faktor ekologi (Shope et al., 2014). Pada tahun 2000, DAS Tanralili menunjukkan kondisi tutupan lahan dengan tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi antara 81% hingga 100% yaitu sekitar 8.548 ha atau sekitar 33,28% dari luas keseluruhan Sub-DAS Tanralili. Namun, setelah 13 tahun, tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi menurun menjadi hanya 2.329 ha atau 9,07%. Hal ini mengindikasikan telah terjadi kehilangan kerapatan vegetasi yang cukup tinggi yaitu sekitar 24,21% atau 6.219 ha. Penurunan kerapatan vegetasi terutama disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan, terutama semak belukar dan hutan, menjadi pertanian lahan kering campuran (Hasnawir et al., 2017) (Surahman, 2017).

Interaksi yang terjadi di alam, seperti interaksi ekologi, fisik, dan hidrologis, belum dipahami dengan baik terkait perubahan penggunaan lahan yang saat ini terjadi di lingkungan sekitar kita. Studi di bidang pertanian merupakan inti dari studi perubahan lingkungan karena terletak di antara ekosistem dan komunitas. Oleh karena itu, dasar penilaian keputusan investasi di bidang pertanian, perkebunan, pengelolaan sumber daya air, perhitungan jumlah air dan karbon di daerah tangkapan air dapat diketahui dari neraca air. (Ignace et al., 2007). Dalam pengelolaan sumber daya air, pemahaman tentang interaksi air tanah dan air permukaan sangat penting dan perlindungan ekosistem yang juga bergantung pada air tanah (Boulton et al., 1998).

Pengelolaan sumber daya air dapat dikelola dengan menggunakan pendekatan pengelolaan sumber daya air terpadu dengan memperkuat koordinasi antar pemangku kepentingan untuk mengelola dan merencanakan sumber daya air di wilayah DAS (Y. Zhang et al., 2016).

Perubahan penggunaan lahan saat ini menjadi salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi jumlah air yang terdapat dalam DAS (Edivaldo Afonso de Oliveira et al., 2021). Pada kenyataannya perubahan penggunaan lahan telah menjadi peubah dalam komponen keseimbangan air, yang bisa menimbulkan dampak positif dan negatif (Dos Santos et al., 2018). Perubahan kuantitas dan kualitas air yang diakibatkan oleh perubahan penggunaan lahan/tata guna lahan menjadi masalah yang kompleks dan penting (Kundzewicz et al., 2007) yang mempengaruhi fungsi hidrologi seperti air di permukaan dan sumber daya air dalam tanah (Bieger et al., 2015) (Stonestrom et al., 2009). Dampak yang timbul dari perubahan dalam proses hidrologi DAS termasuk waktu, besaran aliran permukaan, debit air, evapotranspirasi, dan peristiwa banjir, semuanya akan mempengaruhi variabel ekosistem lainnya seperti hara dan aliran sedimen sumber air (Simonovic et al., 2004) (Y. Huang et al., 2015) (Zierl et al., 2005) yang mempengaruhi setiap aspek kehidupan manusia (Xu et al., 2012), Aliran lateral bawah permukaan yang merupakan jalur penting yang bertanggung jawab atas polusi sumber non-titik pertanian dan mungkin terpengaruh oleh penggunaan lahan (Wang et al., 2011).

Hal yang umum tentang aliran air preferensial telah diidentifikasi pada hampir semua jenis tanah dan lanskap (H. Lin, 2010) (Beven et al., 2013) (Guo et al., 2018). Salah satunya adalah aliran lateral bawah permukaan (SLF), yang merupakan jenis aliran preferensial yang secara umum dikenal, terjadi ketika air hujan yang jatuh meresap dan bertemu dengan bagian lapisan atau antarmuka dengan adanya peningkatan aliran hidraulik, seperti perubahan kondisi tanah pada wilayah hidrofobik atau batuan dasar yang kedap air (Luxmoore et al., 1990) (Weiler et al., 2005) (Graham et al., 2010). SLF dan jenis aliran air tanah penting lainnya belum mendapat perhatian yang memadai meskipun secara langsung sangat berpengaruh terhadap bidang hidrologi (Beven et al., 2013). Hal ini sebagian karena kurangnya metode yang memadai untuk mendeteksi dan mengukur aliran preferensial di lapangan (Guo et al., 2018).

Model hidrologi yang berbasis pada Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi semakin diminati karena kemampuannya memainkan variabilitas spasial

dan memperkirakan dampak perubahan penggunaan lahan pada reservoir (Dos Santos et al., 2018). Model SWAT berbasis GIS digunakan secara luas dalam kondisi seperti itu. SWAT telah banyak digunakan untuk simulasi pembuangan, nutrisi, dan sedimen dari cekungan (Kirsch et al., 2002). Model ini juga telah terbukti menjadi alat yang efektif untuk menilai perubahan penggunaan lahan, sumber daya air, dan masalah polusi non-titik (Munir et al., 2000). Penggunaan Model hidrologi SWAT lainnya telah berhasil digunakan dalam menilai dampak perubahan penggunaan lahan terhadap kuantitas dan kualitas air dalam banyak penelitian di seluruh dunia seperti (Aich et al., 2016) (Mwangi et al., 2016) (Zhao et al., 2016) (Bieger et al., 2015) (Serpa et al., 2015).

Meskipun studi ini bermanfaat untuk pengelolaan sumber daya air, dampaknya terhadap manfaat hidrologis belum dinilai. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pemodelan hidroklimat untuk melihat dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi. Model hidrologi telah banyak digunakan karena telah teruji dan terdokumentasi dengan baik (SWAT) (Shope et al., 2014). Penelitian ini mengkaji dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar dan aliran lateral bawah permukaan di Sub-DAS Tanralili dengan menggunakan Model SWAT.

### **C. Metode Penelitian**

Secara geografis Sub-DAS Tanralili terletak antara 5°0' sampai 5°12' LS dan 119°34' sampai 119°56' Bujur Timur dengan luas 27.838,90 ha (Gambar 2.1). Penelitian ini terdiri dalam tiga tahap utama. Tahap pertama adalah mengumpulkan data sekunder. Tahap kedua adalah mengumpulkan dan menganalisis sampel tanah untuk input data tanah ke model SWAT. Tahap ketiga adalah menjalankan model SWAT, yang dibagi menjadi beberapa tahapan tersendiri, yaitu: (1) melakukan deliniasi DAS; (2) menganalisis *Hydrology Response Unit* (HRU); (3) memasukkan input data iklim; (4) membangun data iklim; (5) menjalankan model; (6) melakukan kalibrasi dan validasi dan (7) melakukan simulasi parameter hidrologi.

Analisa perubahan penggunaan lahan diidentifikasi dengan melakukan overlay peta penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2010 dengan peta penggunaan lahan 2015. Selain itu juga dilakukan overlay peta penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili Tahun 2015 dan 2020 untuk memperoleh informasi

perubahan penggunaan lahan baik secara spasial maupun temporal. Proses analisis perubahan penggunaan lahan juga dilakukan dengan menggunakan program ArcGIS 10.3.

Data-data input yang disiapkan pada tahapan pengumpulan data kemudian dimasukkan ke dalam bentuk file data input (*SWAT Input File*). Ada 17 file data input yang terkait dengan analisis hidrologi. File PCP, TMP, SLR, HMD, dan SOL disiapkan dengan memasukkan data iklim dan tanah ke dalam parameter masing-masing file. Sedangkan file-file FIG, CIO, COD, BSN, SUB, HRU, MGT, GW, dan RTE file terbentuk setelah prosedur analisis dilakukan. Data tutupan lahan menggunakan data yang telah disediakan oleh SWAT dalam file CROP. Data-data iklim berupa data harian meliputi curah hujan (mm), suhu maksimum dan minimum (°C), radiasi matahari (MJ/m<sup>2</sup>/hari), kecepatan angin, dan kelembaban udara (%) disusun dalam bentuk file PCP, TMP, SLR file. HMD dan WGN. Penyusunan data iklim terkait dengan metode penghitungan evapotranspirasi yang digunakan (Yang et al., 2008).

Model membutuhkan data yang sangat banyak, sehingga perlu memperhatikan beberapa faktor pada saat menginput data. Beberapa faktor penting antara lain penentuan angka kurva, kandungan air tanah sebelumnya, dan kelompok hidrologi yang benar. Juga perlu memperhatikan keakuratan peta penggunaan lahan yang digunakan dalam simulasi dan resolusi DEM yang digunakan untuk deliniasi batas DAS.

Analisis yang menggunakan pemodelan harus disertai dengan pengujian untuk menilai keakuratan keluaran model terhadap data dari pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan. Pada penelitian ini keluaran atau variabel model proses hidrologi yang diuji adalah debit aliran sungai (*FLOW\_OUT*). Periode kalibrasi dipilih untuk menentukan tahun mana yang akan digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi. Dalam penelitian ini tahun 2010 digunakan sebagai tahun kalibrasi dan tahun 2015 sebagai tahun validasi. Periode ini dipilih karena data yang relevan menghasilkan nilai NSE terbaik di antara tahun-tahun lainnya. Metode statistik yang digunakan untuk menguji model adalah menggunakan persamaan efisiensi model Nash-Sutcliffe (NS):

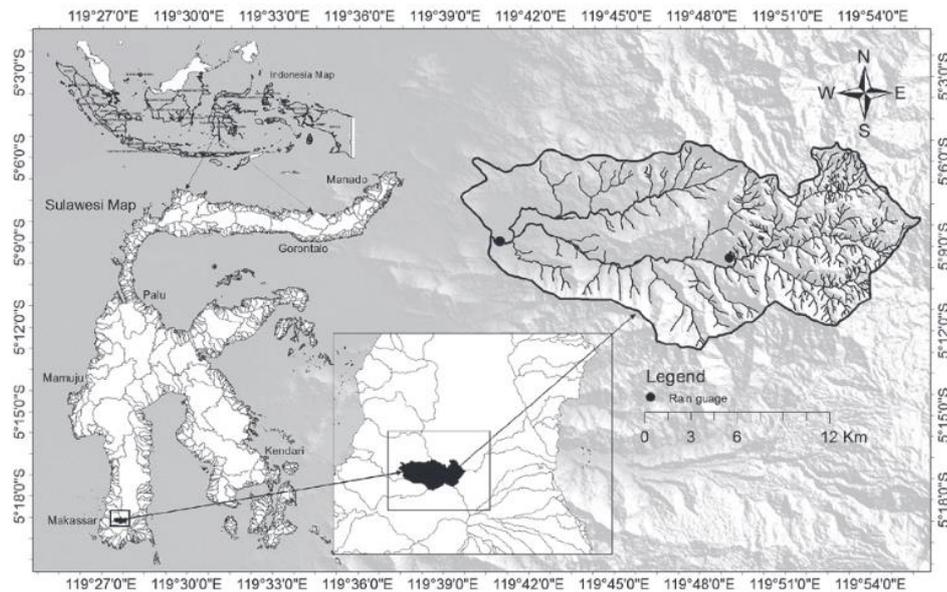
$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2} \dots \dots \dots (1)$$

dimana  $y$  adalah debit aktual (mm),  $\bar{y}$  adalah hasil simulasi (mm), dan  $\bar{y}$  rata-rata debit terukur. Efisiensi model NS dikelompokkan menjadi tiga kelas (Tabel 2.1): baik, memuaskan, dan tidak memuaskan.

Tabel 2.1. Klasifikasi nilai NS

Nilai NS	Kategori
NS $\geq 0,75$	Bagus (sangat memuaskan)
$0,75 > NS > 0,36$	Memuaskan
NS $< 0,36$	Kurang memuaskan

Sumber: Nash-Sutcliffe 1970 (Nash, 2001)



Gambar 2.1. Peta Sub-DAS Tanralili (Hasnawir et al., 2017).

## D. Hasil

### 1. Analisis Karakteristik Hidrologi Menggunakan Model SWAT

#### 1.1. Deliniasi Daerah Aliran Sungai

Proses deliniasi Sub-DAS pada model SWAT dilakukan secara otomatis melalui data DEM. Proses ini menghasilkan batas DAS, batas sub-DAS, dan jaringan sungai. Penataan DAS dilakukan dengan ambang batas 100 ha untuk menutupi seluruh bagian jaringan sungai di Sub-DAS Tanralili.

Berdasarkan proses deliniasi Sub-DAS Tanralili, terbentuk jaringan sungai utama, batas DAS dengan luas total 27.838,90 ha dan 23 sub-DAS. Titik outlet pengamatan debit terletak di Sub-DAS nomor 6. Data debit hasil pengukuran dari outlet Lekopancing digunakan sebagai data primer dibandingkan dengan data simulasi debit pada model SWAT.

#### 1.2. Analisis HRU (Unit Respon Hidrologi)

*Hydrology Response Unit* (HRU) merupakan unit analisis terkecil yang digunakan dalam perhitungan model SWAT. HRU dibentuk dari proses tumpang tindih/susun antara peta penggunaan lahan, jenis tanah, dan lereng.

Data masukan dalam proses analisis HRU terdiri dari data spasial dan data numerik. Data spasial terdiri dari peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan peta kelas lereng. Data-data numerik merupakan data karakteristik tanah, termasuk data sifat fisik tanah. Peta penggunaan lahan yang digunakan adalah peta penggunaan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2015. Peta lahan tersebut memuat sebaran karakteristik tanah di Sub-DAS Tanralili. Data numerik tanah dimasukkan ke dalam database tanah dalam mode *Edit SWAT Input*. Peta kelas lereng dibuat secara otomatis berdasarkan peta DEM. Metode *Multiple Slope* dipilih untuk mendapatkan lima kelas lereng dan lebarnya. Data HRU diperoleh dari hasil tumpang tindih tiga data input tersebut (Stehr et al., 2008).

*Definisi HRU* digunakan adalah metode *threshold* dengan persentase 10%. Penetapan ambang batas dimaksudkan agar luas poligon yang kurang dari 10% akan digabungkan dengan poligon terdekat. Pengecualian dapat dilakukan

dengan penggunaan lahan yang luasnya kurang dari 10%. Analisis HRU menghasilkan 186 HRU yang tersebar di 23 sub-DAS.

Keadaan topografi Sub-DAS Tanralili (Tabel 2.2), diperoleh dari analisis DEM SRTM sesuai dengan kelas interval yang ditetapkan sebanyak 6 kelas yaitu 0-8% (datar), 8-15% (landai), 15-25% (agak curam), 25-35% (curam), 35-40% (curam) dan >40% (sangat curam). Sebagian besar wilayah Sub-DAS Tanralili tergolong curam dan sangat curam. Kemiringan lereng (25-45) %, dengan luas wilayah 6014.35 ha (21.60 %). Daerah dengan topografi sangat curam (>45%) terdapat pada daerah hulu DAS dengan luas 8331.57 ha (29.93 %).

Tabel 2.2 Kelas Lereng Sub-DAS Tanralili

Kelas Lereng %	Luas	
	Ha	%
0-8	3142.69	11.29
0-15	2308.35	8.29
15-25	8041.94	28.89
25-35	4655.88	16.72
35-45	1358.48	4.88
>45	8331.57	29.93
Jumlah	27838.90	100.00

Jenis tanah Sub-DAS Tanralili berdasarkan klasifikasi USDA terdiri atas Inceptisol 10158.76 ha (36.49%), Mollisol seluas 1738.02 ha (6.24%) dan Ultisol seluas 15942.12 ha (57.27%) (Tabel 2.3)

Tabel 2.3 Jenis Tanah Sub-DAS Tanralili

Jenis Tanah	Luas	
	Ha	%
Inceptisol	10158.76	36.49
Mollisol	1738.02	6.24
Ultisol	15942.12	57.27
Jumlah	27838.90	100.00

Berdasarkan peta penutupan lahan Sub-DAS Tanralili tahun 2020 (skala 1:160.000). Penggunaan lahan hutan lahan kering sekunder seluas 3991.80 ha

(14.34%), dimana didominasi oleh tanaman jati, ketapang dan nira serta tumbuhan lainnya dengan kerapatan vegetasi sangat rapat. hutan tanaman industri 1728.58 ha (6.21%), seluruh areal tersebut didominasi oleh tanaman pinus yang dijadikan sebagai sumber getah. Untuk hutan semak belukar 827.40 ha (2.97%), penggunaan lahan ini didominasi oleh bandotan, putri malu dan jenis rumput lainnya. Savana 119.42 ha (0.43%), didominasi oleh rerumputan. Pertanian lahan kering campur 19021.11 ha (68%), penggunaan lahan ini banyak di tumbuh oleh tanaman jagung, kelapa, pisang, rumput gajah, bambu, serta kapas dengan kondisi kerapatan vegetasi cukup rapat. Sawah 1978.01 ha (7.11%) areal persawahan pada daerah Sub-DAS tersebut bersifat tadah hujan dan beberapa lainnya menggunakan irigasi dengan pola pertanaman polikultur sering ditanami oleh jagung untuk sawah tadah hujan saat kemarau. Tanah terbuka 23.18 ha (0.08%) yang hanya diisi dengan rerumputan dengan tingkat kerapatan rendah dan beberapa areal tanah terbuka. Data tersebut menunjukkan pertanian lahan kering campur mendominasi penggunaan lahan pada wilayah Sub-DAS Tanralili sebaran luas dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel. 2.4 Penggunaan Lahan 2020 Sub-DAS Tanralili

No	Penggunaan Lahan	Luasan	
		2020	%
1	Hutan Lahan Kering Sekunder	3991.80	14.34
2	Hutan Tanaman Industri	1728.68	6.21
3	Semak Belukar	827.40	2.97
4	Savana	119.42	0.43
5	Badan Air	149.32	0.54
6	Pertanian Lahan Kering Campur	19021.11	68.33
7	Sawah	1978.01	7.11
8	Tanah Terbuka	23.18	0.08
<b>Total</b>		<b>27838.904</b>	<b>100</b>

### 1.3. Basis Data Iklim (Data Pembangkit Cuaca)

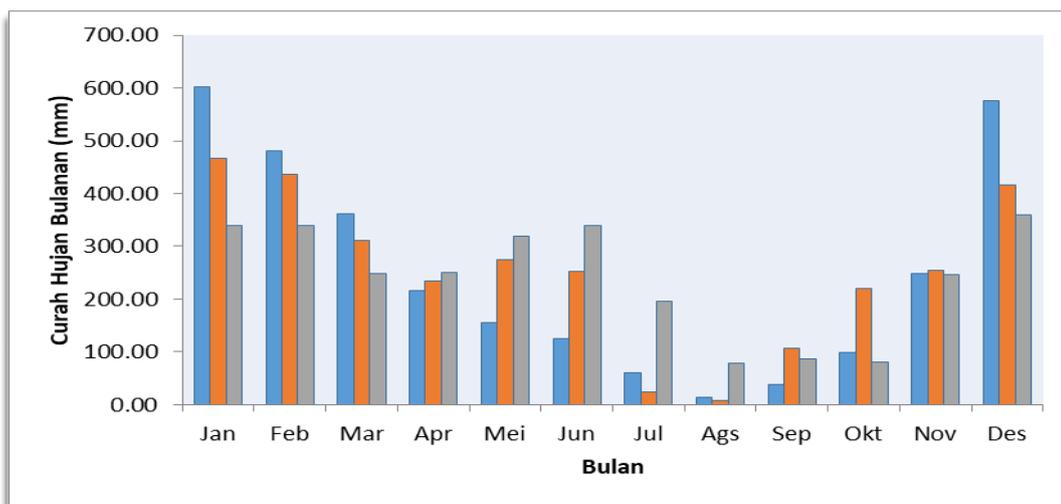
Basis data iklim model SWAT berdasarkan perhitungan data iklim tahun 2010 hingga 2019 yang bersumber dari data *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) terdiri atas data presipitasi (*rainfall data*), suhu (*temperatur data*), data kelembaban (*Relative Humidity Data*), data radiasi matahari (*Solar Radiation Data*), dan data kecepatan angin (*Wind Speed Data*).

Kajian komponen iklim di lokasi studi menggunakan data hasil rekaman data curah hujan berasal dari CHIRPS (*Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations*) selama 10 tahun terakhir (2010-2019) (Gambar 2.2). Menurut sistem klasifikasi *Schmidth-Fergusson* ( $BB = CH > 100$  mm/bulan dan  $BK = CH < 60$  mm/bulan) tipe iklim di wilayah Sub-DAS Tanralili termasuk tipe iklim C (agak basah), yang mana jumlah rata-rata curah hujan bulan kering dibagi dengan jumlah rata-rata bulan basah berkisar antara 0,333 – 0,453, ini menunjukkan bahwa intensitas curah hujan tinggi.

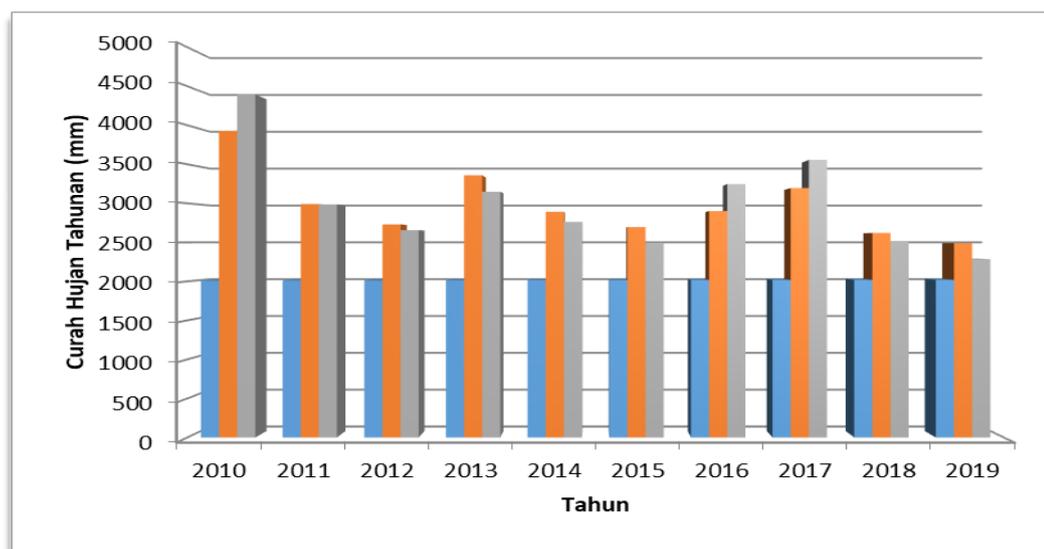
Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari sedangkan terendah pada bulan Agustus masing-masing sebesar 602.60 mm dan 7.40 mm. Selama periode 10 tahun curah hujan yang terjadi dalam daerah Sub-DAS Tanralili sangat fluktuatif. Berdasarkan data curah hujan tahunan di Sub-DAS Tanralili (Gambar 2.3), maka curah hujan tertinggi terjadi pada periode tahun 2010 dengan nilai curah hujan sebesar 4403 mm/tahun dan curah hujan terendah terjadi pada periode tahun 2019 dengan nilai curah hujan sebesar 2062 mm/tahun. Temperatur maksimum rata-rata di Sub-DAS Tanralili berkisar antara 24.80°C - 38.60°C dan minimum rata-rata 21.24°C – 28.60°C. Radiasi matahari rata-rata bulanan di Sub-DAS Tanralili sebesar 20.59 MJ/m<sup>2</sup>/hari dan kelembaban udara sebesar 80%.

### 1.4. Analisis Karakteristik Hidrologi

aliran primer didapatkan dari running model SWAT. Data hidrologi yang ada didapatkan berdasarkan data curah hujan yang dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan radiasi matahari pada periode kondisi penggunaan lahan tahun 2010, 2015, dan 2020. Data karakteristik hidrologi juga dipengaruhi oleh informasi jenis tanah dan tingkat kelerengan di Sub-DAS Tanralili.



Gambar 2.2 Curah Hujan Bulanan (Sumber: *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations*)



Gambar 2.3 Curah Hujan Tahunan (Sumber: *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations*)

## 2. Parameterisasi Model

Jenis dan jumlah parameter yang digunakan pada saat kalibrasi model dapat berbeda-beda antara satu DAS dengan DAS lainnya, karena setiap DAS memiliki sifat dan ciri yang berbeda-beda. Dalam menghasilkan output yang mendekati nilai adaptif di lapangan digunakan nilai parameter simulasi yang

disesuaikan pada proses parameterisasi ini. Parameter yang paling sensitif pada perubahan debit aliran sungai adalah parameter nilai CN2, ESCO, EPCO, GW\_REVAP, GWQMN, dan RCHRG\_DP (Santhi *et al.* 2006). Jha dkk. (2010) mengemukakan bahwa parameter yang sensitif terhadap nilai debit aliran sungai adalah parameter nilai CN, SOL AWC, GW\_DELAY, GW\_Alfa, dan SURLAG. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi pada penelitian ini adalah jumlah kurva aliran permukaan (CN), faktor alfa aliran dasar (ALPHA\_BF), waktu 'tunda' air tanah (GW\_DELAY), ketinggian minimum aliran dasar (GWQMN), fraksi perkolasi air dalam (RCHRG\_DP), faktor penguapan tanah (ESCO), faktor serapan tanaman (EPCO), Nilai awal untuk jalur utama (CH\_N2), konduktivitas hidrolis di jalur utama aluvium (CH\_K2), dan koefisien *lag* aliran permukaan (SURLAG). Simulasi dilakukan untuk menentukan nilai optimal sesuai dengan kondisi di lapangan.

Parameter nilai kurva aliran permukaan, faktor evaporasi tanah, dan faktor serapan tanaman digunakan dalam kalibrasi model karena mempengaruhi limpasan permukaan. Nilai parameter bilangan kurva dapat memprediksi besarnya limpasan permukaan atau infiltrasi akibat curah hujan. Faktor penguapan tanah merupakan parameter yang menentukan banyaknya air dalam tanah, yang akan mempengaruhi jumlah kurva aliran permukaan dan proses masuknya air ke dalam tanah. Faktor serapan hara tanaman mempengaruhi aliran permukaan karena kemampuan akar tanaman menyerap air dan mempengaruhi transpirasi, sehingga berdampak pada kelembaban tanah.

Parameter alpha aliran dasar, waktu '*delay*' air tanah, ketinggian minimum aliran bawah, dan fraksi perkolasi air dalam digunakan karena mempengaruhi aliran air bawah tanah. Selain itu, parameter nilai *Manning* untuk saluran utama, konduktivitas hidrolis dan koefisien *lag* aliran permukaan digunakan pada proses kalibrasi karena dapat berpengaruh pada bentuk hidrograf aliran.

### **3. Kalibrasi Debit Aliran**

Proses kalibrasi adalah proses penentuan kombinasi parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang diamati/diukur dan hasil simulasi. Kalibrasi pada model digunakan untuk mengetahui hubungan antara debit air sungai hasil model SWAT dengan debit air sungai aktual terukur. Data hasil pengukuran debit air sungai yang digunakan adalah dari tanggal 1 Januari

sampai dengan 30 Januari 2010. Ada tiga metode kalibrasi yaitu *trial and error*, otomatis, dan kombinasi. Pada metode kombinasi dilakukan tahapan menggunakan kalibrasi otomatis untuk menentukan rentang parameter lalu kemudian dilakukan *trial and error* untuk menentukan detail kombinasi yang optimal.

Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi suatu model dapat berbeda antar DAS karena setiap DAS memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Nilai parameter simulasi disesuaikan untuk menghasilkan output yang mendekati nilai adaptif di lapangan. Parameter yang sensitif terhadap perubahan debit adalah CN2, ESCO, EPCO, GW\_REVAP, GWQMN, dan RCHRG\_DP (Santhi et al. 2006). Jha dkk. (2010) juga menyatakan bahwa parameter yang sensitif terhadap nilai debit adalah CN, SOL AWC, GW\_DELAY, GW\_Alfa, dan SURLAG. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi di sub-DAS Tanralili adalah jumlah kurva aliran permukaan (CN), faktor alfa aliran dasar (ALPHA\_BF), waktu 'tunda' airtanah (GW\_DELAY), ketinggian minimum aliran dasar (GWQMN), fraksi perkolasi air dalam (RCHRG\_DP), faktor penguapan tanah (ESCO), faktor serapan tanaman (EPCO), Nilai awak untuk jalur utama (CH\_N2), konduktivitas hidrolis di jalur utama aluvium (CH\_K2), dan koefisien lag limpasan permukaan (SURLAG). Simulasi dilakukan untuk menentukan nilai optimal sesuai dengan kondisi di lapangan (Xu et al., 2012).

Dalam mencari nilai kalibrasi yang sesuai untuk Sub-DAS Tanralili digunakan metode kombinasi yaitu dengan menggunakan model SWAT CUP (model otomatis) dan kalibrasi manual (*trial and error*) (Khakbaz et al., 2012). Model SWAT CUP adalah perangkat lunak yang dapat membantu pemodel untuk mengkalibrasi, memvalidasi dan menganalisis ketidakpastian dalam model hidrologi SWAT. Nilai awal dan akhir pada proses kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 2.5.

#### **4. Validasi Debit Aliran**

Proses validasi adalah tahapan evaluasi suatu model untuk memperoleh gambaran tingkat ketidakpastian yang dimiliki suatu model dalam memprediksi suatu proses hidrologi. Langkah validasi bertujuan untuk membuktikan bahwa suatu proses/metode dapat memberikan hasil yang konsisten dengan spesifikasi yang ditentukan. Tahapan validasi dilakukan dengan membandingkan data debit

harian pengamatan bulan Januari 2015 dengan data debit simulasi harian menggunakan parameter kalibrasi.

Konsistensi hasil model SWAT setelah validasi dapat dilihat dari hidrograf debit sungai model SWAT dengan debit sungai terukur yang ditunjukkan dengan nilai NS (*Nash-Sutcliffe*) sebesar 0,64 (memuaskan). Hasil validasi debit sungai tahun 2015 ditunjukkan pada Gambar 2.5.

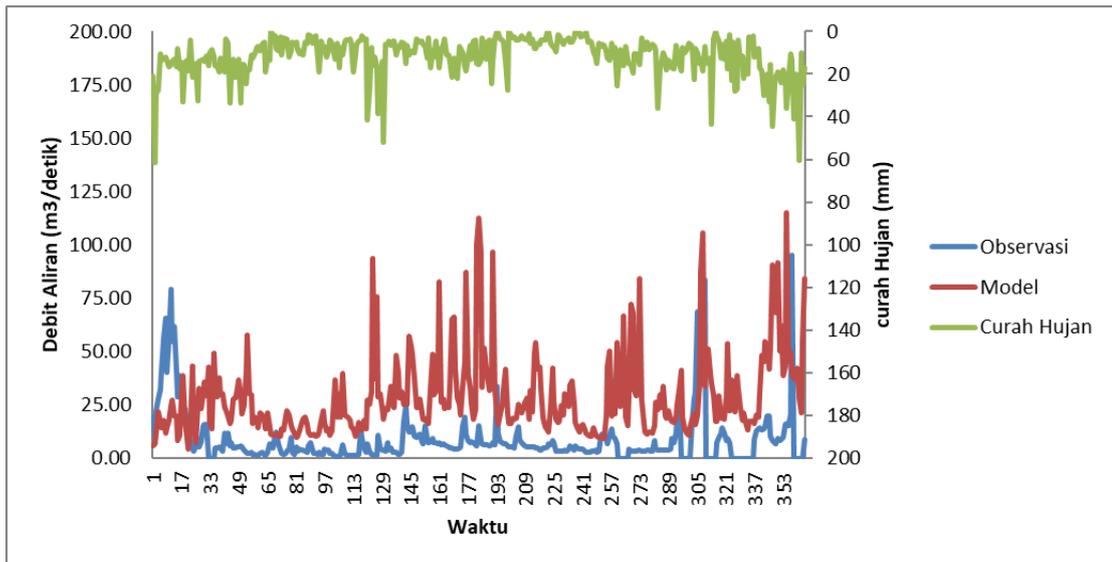
Tabel 2.5. Nilai parameter pada tahap kalibrasi model SWAT di Sub-DAS Tanralili

No	Parameter	Nilai Awal	Hasil akhir	Jangkauan
1	GW_DELAY	31	22	0 - 500
2	CN2	35 - 98	66 - 91 *	35 - 98
3	ALPHA_BF	0,048	0.8	0 - 1
4	GWQMN	0	200	0 - 5000
5	CH_N2	0,014	0,05 dan 0,1 **	-0,01 - 0,31
6	CH_K2	0	100	-0,01 - 5000
7	RCH	0,05	0,74	0-1
8	ESCO	0,75	0,55	0-1
9	EPCO	0,85	0,70	0-1
10	TERAK	4	7	1 - 24

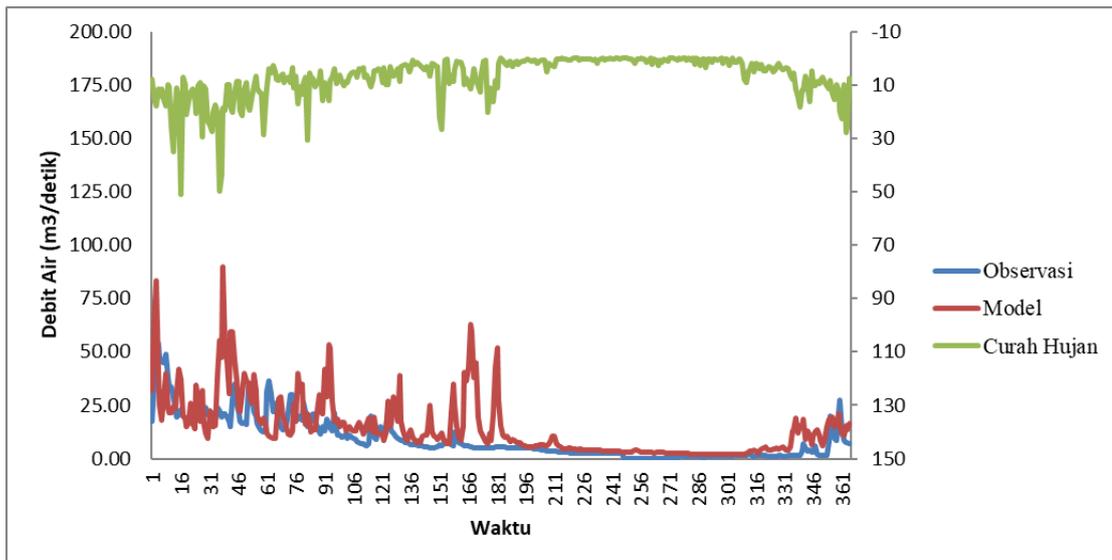
Catatan: \* Nilai berbeda berdasarkan penggunaan lahan

\*\* Nilai berbeda menurut sub-DAS

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai efisiensi Nash-Sutcliffe (NS) sebesar 0,23 (tidak memuaskan/dapat diterima) yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Perbandingan debit aliran observasi dan debit aliran model setelah kalibrasi (Januari 2010)



Gambar 2.5. grafik perbandingan debit aliran sungai aktual dan debit aliran sungai model setelah validasi (Januari 2015)

## E. Pembahasan

Dari peta penggunaan lahan tahun 2010, 2015, dan 2020 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perencanaan Kementerian Kehutanan mengasikan informasi terkait adanya perubahan penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili. Perubahan tersebut terjadi pada semua jenis penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili, seperti disajikan pada Tabel 2.6.

Dari tahun 2010 hingga tahun 2015, terjadi peningkatan pertanian lahan kering bercampur semak, semak belukar, dan badan air masing-masing sebesar 126,95 ha, 5,97 ha, dan 16,2 ha. Penurunan terjadi pada hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman industri, sawah seluas 5,97 ha, 126,81 ha, dan 16,17 ha. Peningkatan paling signifikan terjadi pada penggunaan lahan kering bercampur semak belukar sebesar 0,46%, dan penurunan paling signifikan terjadi pada penggunaan lahan hutan tanaman industri sebesar 0,46%.

Periode 2015 hingga 2020 terjadi peningkatan hutan lahan kering sekunder, sawah, semak belukar dan lahan kosong, masing-masing 64.41301,83 ha, 103,67 ha, 76,86 dan 23,18 ha. Penurunan terjadi pada pertanian lahan kering bercampur semak dan savana, masing-masing sebesar 466,28 ha dan 103,67 ha. Dari tahun 2010 hingga 2020 terjadi peningkatan hutan lahan kering sekunder seluas 58,45 ha. Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan luas lahan hutan sebesar 0.21% dianggap penting keberadaannya sebagai pengatur hidrologi di Sub-DAS Tanralili. Hutan sangat penting dalam mengatur dan mengendalikan pengelolaan air, termasuk kuantitas, kualitas, dan waktu penyediaan air (Hazairin *et al.*, 2018).

### **Analisis Aliran Dasar Model SWAT**

Perubahan penggunaan lahan pada periode 2010-2020 cenderung menurunkan nilai aliran dasar. Berkurangnya hutan lahan kering sekunder dan pertanian lahan kering bercampur semak belukar mengakibatkan curah hujan turun di Sub-DAS Tanralili. Alih fungsi lahan dari peruntukan lahan yang dapat menyerap air dengan baik ke dalam tanah menjadi peruntukan lahan yang menyebabkan hilangnya kemampuan tanah untuk menyerap air meningkatkan jumlah curah hujan yang berpotensi menjadi limpasan permukaan (Munir *et al.*,

2010). Berdasarkan data curah hujan yang turun di lokasi penelitian tahun 2011 sebesar 3.252 mm, koefisien limpasan untuk Sub-DAS Tanralili adalah sebesar 0,28. Hal ini menggambarkan bahwa 28% curah hujan yang jatuh di Sub-DAS Tanralili akan menjadi limpasan permukaan.

Tabel 2.6. Tingkat perubahan penggunaan lahan di Sub-DAS Tanralili pada tahun 2010, 2015 dan 2020

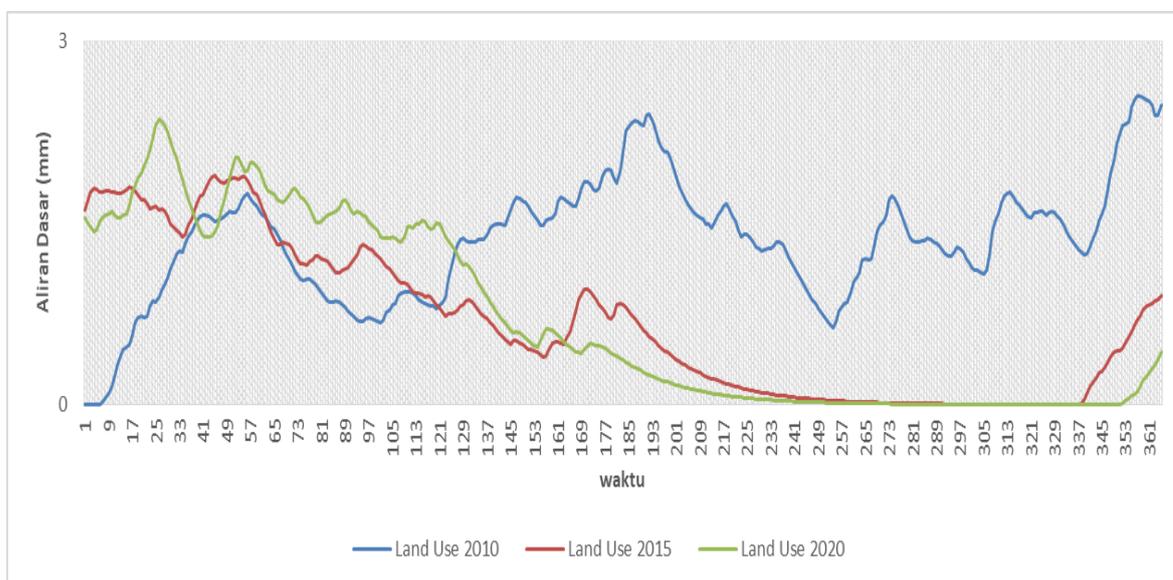
Penggunaan lahan	2010		2015		2020		2010-2015		2015-2020		2010-2020	
	Luas		Luas		Luas		Luas		Luas		Luas	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Hutan Lahan Kering Sekunder	3933.35	14.13	3927.39	14.11	3991.80	14.34	-5.97	-0.02	64.41	0,23	58.45	0.21
Hutan Tanaman Industri (HTI)	1855.49	6.67	1728.68	6.21	1728.68	6.21	-126.81	-0,46	0.00	0.00	-126.81	-0,46
Pertanian Lahan Kering Dicampur dengan Semak	19360.43	69,54	19487.39	70.00	19021.11	68.33	126,95	0,46	-466.28	-1,67	-339.33	-1.22
Savana	223.09	0,80	223.09	0,80	119,42	0,43	0.00	0.00	-103.67	-0,37	-103.67	-0,37
Sawah	1692.34	6.08	1676.17	6.02	1978.01	7.11	-16.17	-0,06	301,83	1.08	285.67	1.03
Semak belukar	717,76	2.58	723,73	2.60	827.40	2.97	5.97	0,02	103.67	0.37	109.64	0.39
Badan Air	56.43	0,20	72.46	0,26	149.32	0,54	16.02	0,06	76,86	0,28	92.88	0.33
Tanah Terbuka	0.00	0.00	0.00	0.00	23.18	0,08	0.00	0.00	23.18	0,08	23.18	0,08
Luas Total	27838.90	100.00	27838.90	100.00	27838.90	100.00						

Gambar 2.6 menunjukkan fenomena penting bahwa alih fungsi lahan terutama hutan menjadi lahan budidaya akan menurunkan aliran dasar secara signifikan. Sebaliknya perbaikan DAS termasuk rehabilitasi/revegetasi akan menaikkan kembali aliran dasar namun tidak secara signifikan (kenaikan aliran dasar akan terjadi secara perlahan-lahan atau tidak langsung naik).

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aliran dasar Sub-DAS Tanralili dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Dasar Sub-DAS Tanralili Dari Hasil Analisis SWAT Tahun 2010, 2015, dan 2020

Penggunaan lahan Tahun	Curah hujan (mm)	Aliran Dasar (GW_Q) (mm)
2010	4141.17	494.64
2015	2147.28	247.26
2020	3246.90	256,48



Gambar 2.6. Aliran dasar (mm) pada penggunaan lahan 2010, 2015, dan 2020

### Analisis Aliran Lateral Model SWAT

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aliran lateral bawah permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tingkat kejadian SLF yang lebih tinggi di periode musim kering juga dapat dihubungkan dengan karakteristik curah hujan. Pada Kejadian hujan dengan durasi yang pendek, intensitas rata-rata besar dan dengan demikian intensitas rata-rata besar hingga intensitas puncak mendukung pembentukan SLF. Hubungan yang erat antara intensitas curah hujan dan SLF banyak dilaporkan di lokasi studi lain. Misalnya, (Cooper, 2010) menunjukkan bahwa curah hujan

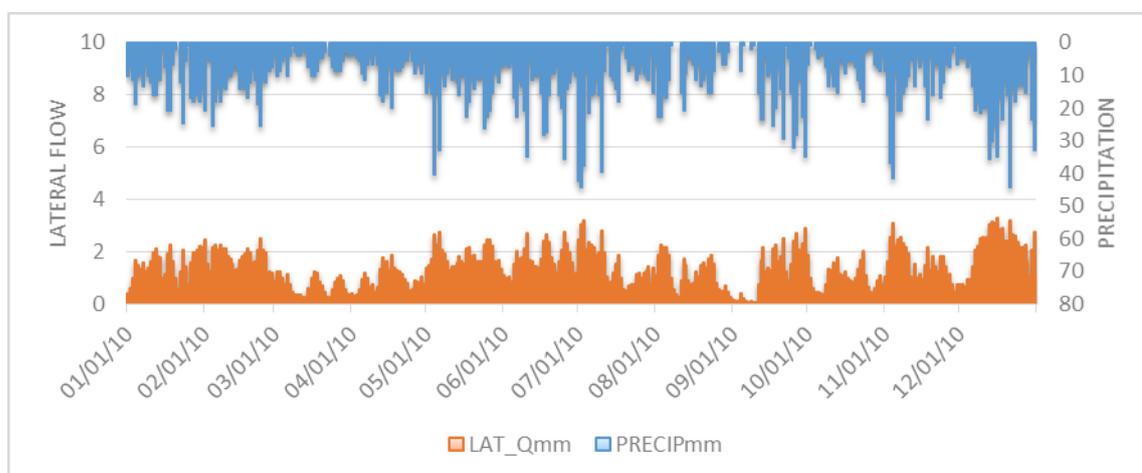
dengan intensitas yang tinggi sebagian mengisi susunan yang tidak teratur pada batuan dasar dan menghasilkan SLF pada permukaan bawah tanah atau batuan dasar.

Tabel 2.8. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Lateral Bawah Permukaan Sub-DAS Tanralili Dari Hasil Analisis SWAT Tahun 2010, 2015, dan 2020

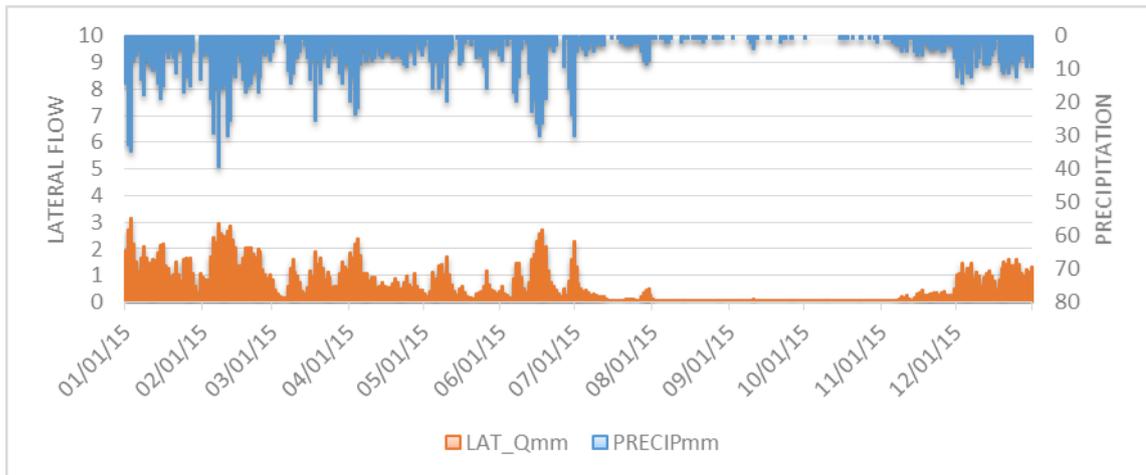
Penggunaan lahan	Curah hujan	Aliran Lateral Bawah Permukaan (LAT_Q)
		(mm)
2010	4141.17	524.66
2015	2147.28	257.29
2020	3246.90	220.94

Studi ini menunjukkan bahwa kemampuan tanah dalam menahan air berkurang, sehingga memiliki pengaruh yang besar dalam menyediakan aliran preferensial daripada penyimpanan air selama musim kemarau. Ambang batas intensitas curah hujan yang konsisten secara spasial untuk memicu kejadian SLF juga menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi basah sebelumnya memiliki peran penting dalam mengatur permulaannya.

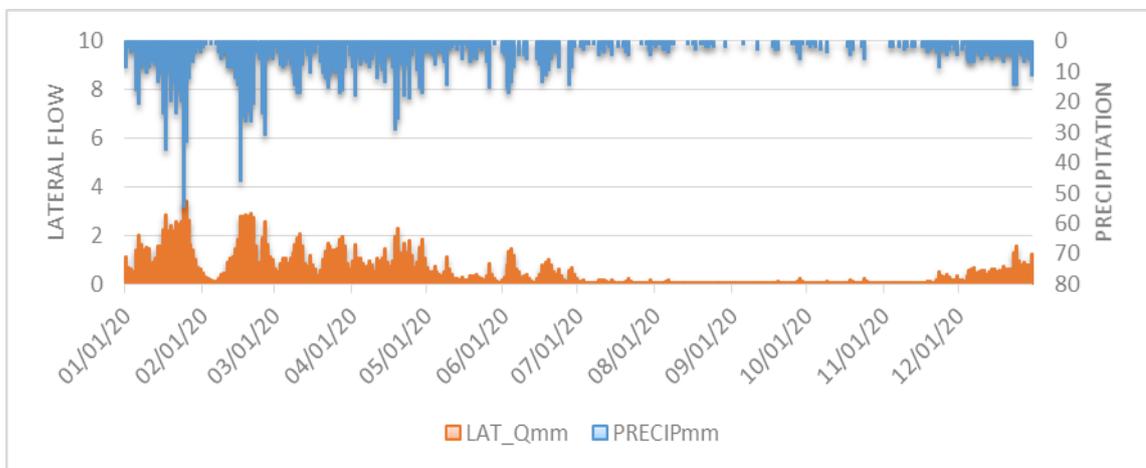
Selama musim hujan, ketika tekanan air di matriks tanah mendekati tekanan masuk air, masukan air tambahan yang kecil hanya dapat mendorong air dari matriks tanah ke jalur SLF (Nieber et al., 2010) dan selama musim kemarau, ketika tanah sangat anti air, badai kecil dapat memulai SLF di sepanjang makropori yang terhubung secara. Oleh karena itu, intensitas curah hujan minimum untuk memicu SLF kemungkinan besar tidak tergantung pada atribut medan.



(a). 2010

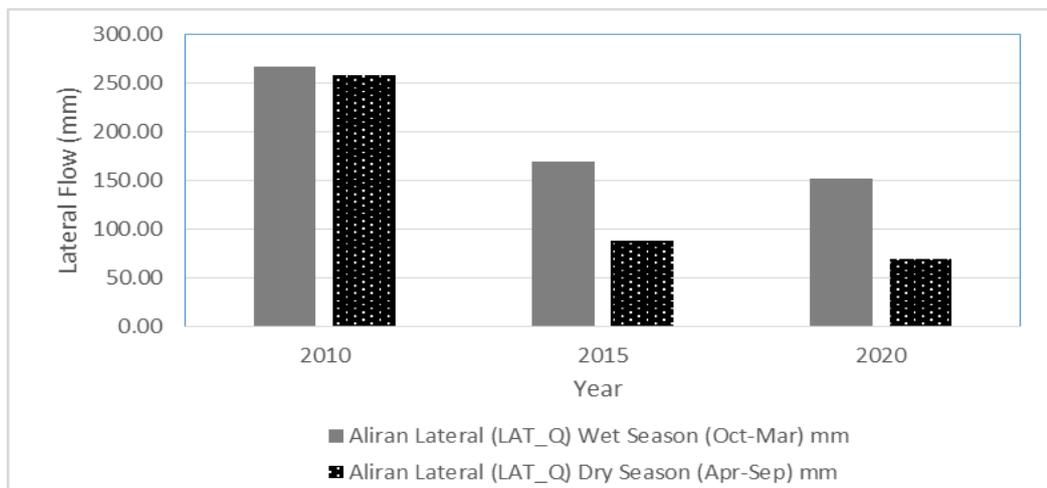


(b). 2015



(c). 2020

Gambar 2.7. Aliran Lateral (mm) pada penggunaan lahan tahun (a) 2010, (b) 2015 dan (c) 2020.



Gambar 2.8. Perbandingan aliran lateral antara musim kering (April - September) dan musim basah (Oktober - Maret).

Perubahan penggunaan lahan periode 2010-2020 yang signifikan cenderung menurunkan nilai aliran lateral. Berkurangnya hutan tanaman industri, pertanian lahan kering bercampur semak dan savana mengakibatkan sebagian hujan yang jatuh di Sub-DAS Tanralili lebih banyak menjadi aliran permukaan. Konversi lahan dari penggunaan yang dapat meresapkan air dengan baik ke dalam tanah menjadi penggunaan yang menyebabkan hilangnya kemampuan tanah dalam meresapkan air mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah curah hujan yang menjadi aliran permukaan.

## **F. Kesimpulan**

Model SWAT dapat digunakan untuk mengidentifikasi arus baseline dengan nilai NSE 0,62. Perubahan penggunaan lahan mengakibatkan penurunan nilai aliran dasar untuk tahun 2010 – 2020 masing-masing sebesar 494,64 mm dan 256,48 mm dan nilai aliran lateral bawah permukaan periode 2010 dan 2020 masing-masing sebesar 524,66 mm dan 220,94 mm. Alih fungsi lahan terutama hutan menjadi lahan budidaya akan menurunkan aliran dasar secara signifikan. Sebaliknya perbaikan DAS termasuk rehabilitasi/revegetasi akan menaikkan kembali aliran dasar namun tidak secara signifikan.