

RESPON HIDROLOGI DI SUB-DAS SUMANI DANAU SINGKARAK TERHADAP PROYEKSI PERUBAHAN IKLIM MENGUNAKAN *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL* (SWAT)

HARI JAYA SIPAYUNG



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Respon Hidrologi di Sub-DAS Sumani Danau Singkarak Terhadap Proyeksi Perubahan Iklim Menggunakan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum 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 di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Hari Jaya Sipayung
NIM G2401201058



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

HARI JAYA SIPAYUNG. “Respon Hidrologi di Sub-DAS Sumani Danau Singkarak Terhadap Proyeksi Perubahan Iklim Menggunakan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)”. Dibimbing oleh BAMBANG DWI DASANTO dan IWAN RIDWANSYAH.

Perubahan iklim memberikan dampak signifikan terhadap sistem hidrologi, memengaruhi ketersediaan dan stabilitas sumber daya air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons hidrologi Sub-DAS Sumani, Danau Singkarak terhadap proyeksi perubahan iklim menggunakan model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Model ini dikalibrasi dan divalidasi menggunakan data debit observasi dengan hasil nilai R^2 dan $NSE > 0.6$. Proyeksi iklim didasarkan pada tiga skenario perubahan iklim (SSP1-2.6, SSP2-4.5, dan SSP5-8.5) menggunakan *Multi-Model Average* untuk dua periode proyeksi: 2021–2050 dan 2051–2080. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada skenario emisi tinggi (SSP5-8.5), debit sungai selama musim kemarau diproyeksikan mengalami penurunan hingga 37.22% dibandingkan periode historis, disertai peningkatan evapotranspirasi hingga 30.63% pada 2080. 90% kejadian debit periode masa depan akan lebih rendah dibandingkan periode historis dengan penurunan sebesar 4.2 cms pada peluang kejadian yang sama dan 80 % kejadian debit sungai pada tahun 2021-2050 cenderung seragam untuk semua skenario, tetapi pada tahun 2051-2080 digambarkan terjadi perubahan, di mana skenario SSP 1-2.6 menunjukkan kenaikan hingga 9.2 cms dan SSP 5-8.5 menunjukkan penurunan hingga 8.5 cms pada peluang yang sama. Skenario perubahan iklim pada model hidrologi menggambarkan pengaruh perubahan iklim yang berdampak pada respons hidrologi, memperbesar potensi kekeringan dan ketidakstabilan aliran sungai di masa depan.

Kata kunci: Danau Singkarak, Model SWAT, Perubahan Iklim, Respons Hidrologi, Skenario Iklim



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



ABSTRACT

HARI JAYA SIPAYUNG. “Hydrological Response in the Sumani Sub-Watershed, Lake Singkarak, to Climate Change Projections Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT)”. Supervised by BAMBANG DWI DASANTO and IWAN RIDWANSYAH.

Climate change has a significant impact on hydrological systems, affecting the availability and stability of water resources. This study aims to analyze the hydrological response of the Sumani Sub-watershed, Lake Singkarak, to projected climate change using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The model was calibrated and validated using observed discharge data, yielding R^2 and NSE values > 0.6 . Climate projections were based on three climate change scenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5, and SSP5-8.5) using a Multi-Model Average approach for two projection periods: 2021–2050 and 2051–2080. Simulation results show that under the high-emission scenario (SSP5-8.5), river discharge during the dry season is projected to decrease by up to 37.22% compared to the historical period, accompanied by an increase in evapotranspiration of up to 30.63% by 2080. In 90% of future discharge events, values are projected to be lower than the historical period, with a reduction of 4.2 cms at the same probability level. Furthermore, 80% of river discharge events in 2021–2050 are consistent across all scenarios, while in 2051–2080, changes occur. Under SSP1-2.6, an increase of up to 9.2 cms is projected, whereas SSP5-8.5 shows a decrease of up to 8.5 cms at the same probability level. These climate change scenarios in the hydrological model highlight the influence of climate change on hydrological responses, amplifying the potential for drought and river flow instability in the future.

Keyword: *Climate Change, Climate Scenarios, Hydrological Response, Lake Singkarak, SWAT Model.*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RESPON HIDROLOGI DI SUB-DAS SUMANI DANAU SINGKARAK TERHADAP PROYEKSI PERUBAHAN IKLIM MENGUNAKAN *SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL* (SWAT)

HARI JAYA SIPAYUNG

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Muh. Taufik, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Respon Hidrologi di Sub-DAS Sumani Danau Singkarak
Terhadap Proyeksi Perubahan Iklim Menggunakan *Soil and Water
Assessment Tool* (SWAT)

Nama : Hari Jaya Sipayung
NIM : G2401201058

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Drs. Bambang Dwi Dasanto, M.Si



Pembimbing 2:
Dr. Iwan Ridwansyah, S.T, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:

Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T
NIP. 197403012000031001



Tanggal Ujian: 30 Desember 2024

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Agustus 2024 ini ialah Pemodelan Hidrologi, dengan judul “Respon Hidrologi di Sub-DAS Sumani Danau Singkarak Terhadap Proyeksi Perubahan Iklim Menggunakan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Drs. Bambang Dwi Dasanto, M.Si dan Dr. Iwan Ridwansyah, S.T, M.Sc yang telah membimbing dan banyak memberi saran pada setiap kendala teknis yang penulis hadapi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing.

Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Agape Sipayung, Ibu Rismawati Girsang, Job Ave Sipayung serta seluruh keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, doa, hingga saat ini.
2. Kak Sulistiani yang telah membantu penulis dalam memberikan arahan dan saran pada setiap kendala yang penulis hadapi.
3. Sahabat-sahabat penulis, Abdul Arsyad Herdiyasag selaku teman tingkat akhir yang telah saling membantu dalam proses penelitian. Azriel Fariza Aulia, Meldiana Hutabarat, Geifira Nur Fatima Azzahra, Muhammad Yoga Ibrahim, Siffa Anastasya Komala, Riani Fuji Lestari dan seluruh teman-teman GFM57 yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi kepada penulis selama ini.
4. Bapak Muhammad Nalih yang telah membantu penulis untuk memberi kesempatan untuk menggunakan lab Komputer membantu penulis dalam mengerjakan penelitian.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Hari Jaya Sipayung
G2401201058



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Siklus Hidrologi	4
2.2 Respon Hidrologi Daerah Aliran Sungai	4
2.3 SWAT	5
2.4 Output Model SWAT	6
2.5 SWAT-CUP	10
2.6 <i>Shared Socio-economic Pathways (SSPs)</i>	11
METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Data	14
3.3 Prosedur Simulasi Model SWAT	15
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kondisi Umum Wilayah Kajian	22
4.2 Evaluasi Performa Input Curah Hujan CHIRPS dan CMIP6	23
4.3 Analisis HRU	25
4.4 Analisis Iklim	27
4.5 Kalibrasi	30
4.6 Validasi	33
4.7 Analisis respon hidrologi terhadap skenario perubahan iklim	35
4.8 Analisis Ketidakpastian	40
SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47
RIWAYAT HIDUP	61



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR TABEL

1	Data penelitian model SWAT	14
2	Data iklim model proyeksi	16
3	Kategori nilai NSE dan R^2	19
4	Hasil evaluasi performa data input curah hujan dari model CMIP6	23
5	Sebaran jenis tanah Sub-DAS Sumani	26
6	Sebaran kemiringan lahan Sub- DAS Sumani tahun	26
7	Klasifikasi tutupan lahan Sub- DAS Sumani tahun 2010	27
8	Sebaran statistik curah hujan historis dan proyeksi Sub-DAS Sumani	29
9	Parameterisasi model SWAT Sub-DAS Sumani	30
10	Hasil uji statistik, model kalibrasi Sub-DAS Sumani	32
11	Hasil uji statistik, model validasi Sub-DAS Sumani	34
12	Hasil luaran model SWAT Sub-DAS Sumani	35

DAFTAR GAMBAR

1	Sistem sirkulasi hidrologi	3
2	Skenario SSP terhadap evolusi suhu indikatifnya dan kategorisasi <i>radiative forcing</i> , serta lima narasi sosial-ekonomi yang menjadi dasar pengembangannya	12
3	Prosedur penelitian model SWAT	21
4	Gambar wilayah kajian penelitian pemodelan hidrologi Sub-DAS Sumani	22
5	Hasil koreksi bias menggunakan metode linear scalling (delta)	23
6	Plot rata-rata bulanan model curah hujan historis CMIP6	24
7	Peta komponen Unit Respon Hidrologi Sub-Das Sumani (a) Jenis Tanah, (b) Kemiringan Lahan dan, (c) Tutupan Lahan	25
8	Profil bulanan dan tahunan curah hujan, suhu maksimum dan minimum pada periode historis dan proyeksi (a) Historis(b) SSP1-2.6, (c) SSP2-4.5, dan (d) SSP5-8.5	28
9	Visualisasi hasil kalibrasi parameter SWAT Sub-DAS tahun 2009 Sumani (a) Simulasi harian, (b) Simulasi Bulanan dan, (c) Scatter plot simulasi bulanan	32
10	Visualisasi hasil validasi parameter SWAT Sub-DAS tahun 2009 Sumani (a) Simulasi harian (b) Simulasi Bulanan dan, (c) Scatter plot simulasi bulanan	34
11	Pola rata-rata debit bulanan Historis dan proyeksi Sub-DAS, (a) Periode Pertama (2021-2050), dan (b) Periode Kedua (2051-2080)	37



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Plot distribusi densitas sungai dan plot invers CDF periode *Historis* dan proyeksi Sub-DAS Sumani, (a) Periode Pertama (2021-2050), dan (b) Periode Kedua (2051-2080).

DAFTAR LAMPIRAN

1	Tahapan Menjalankan Model SWAT	47
2	Tahapan Kalibrasi dan validasi gabungan SWAT-CUP (SUFI-2) dan Manual	50
3	Tahapan Persiapan data Proyeksi Iklim	55
		38



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University