

**PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP LIMPASAN PERMUKAAN DAN
EROSI LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) BENDUNGAN TEMEF DENGAN SOIL AND
WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT+)**

***THE IMPACT OF LAND USE CHANGE ON SURFACE RUNOFF AND SOIL EROSION IN THE
TEMEF DAM WATERSHED USING THE SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT)***

Arnoldus Nama^{*1}, Yunus Fallo², Fabianus J. S. Nope³

^{1,2}Dosen, Teknik Perancangan Irigasi dan Penanganan Pantai, Politeknik Negeri Kupang

³Dosen, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

Korespondensi: n.arnold.ld@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi kondisi hidrologi daerah aliran sungai (DAS). Alih fungsi lahan yang tidak terkendali di DAS Benanain, khususnya Sub-DAS Temef, berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan mempercepat laju erosi yang berdampak pada sedimentasi waduk serta menurunnya kapasitas tampungan Bendungan Temef. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perubahan tata guna lahan tahun 2018 dan 2024 terhadap limpasan permukaan dan erosi lahan menggunakan model Soil and Water Assessment Tool Plus (SWAT+). Data yang digunakan meliputi curah hujan, iklim, DEM, peta jenis tanah, dan peta tutupan lahan yang kemudian diproses melalui tahap deliniasi DAS, pembentukan HRU, dan simulasi hidrologi. Hasil penelitian menunjukkan perubahan signifikan dalam struktur tutupan lahan, terutama penurunan luasan semak belukar sebesar 27,65% dan peningkatan luas hutan sebesar 23,74%. Perubahan tersebut berdampak nyata pada pola limpasan, dimana pada tahun 2024 sub DAS 6 menunjukkan limpasan tertinggi 611,96 mm/tahun dan sub DAS 8 terendah 209,93 mm/tahun. Hasil ini memberikan gambaran penting mengenai dinamika hidrologi DAS Temef dan dapat menjadi dasar dalam perencanaan konservasi tanah dan air serta pengelolaan berkelanjutan DAS di kawasan Bendungan Temef

Kata Kunci: DAS Temef, Erosi, Limpasan Permukaan, Tata Guna Lahan, SWAT+

ABSTRACT

Land-use change is one of the primary drivers influencing watershed hydrological conditions. Uncontrolled conversion of land in the Benanain watershed, particularly in the Temef sub-watershed, has the potential to increase surface runoff and accelerate soil erosion, which in turn increases sedimentation within the Temef Dam reservoir. This study aims to analyze the impact of land-use changes between 2018 and 2024 on surface runoff and soil erosion using the Soil and Water Assessment Tool Plus (SWAT+). Data used include rainfall, climate, DEM, soil type maps, and land cover maps which were processed through watershed delineation, HRU formation, and hydrological simulations. The results indicate significant land-cover changes, particularly a reduction of shrubland by 27.65% and an increase in forest area by 23.74%. These changes significantly affect runoff patterns, where in 2024 sub-watershed 6 produced the highest annual runoff of

611.96 mm and sub-watershed 8 the lowest at 209.93 mm. The findings provide a comprehensive understanding of hydrological dynamics in the Temef watershed and serve as a scientific reference for soil-water conservation planning and sustainable watershed management.

Keywords: *Erosion, Land Use, Temef Watershed, Surface Runoff, SWAT+*

PENDAHULUAN

Sebagian besar wilayah Nusa Tenggara Timur didominasi oleh iklim semi arid (agak kering), dengan durasi musim hujan yang singkat, yaitu 3-4 bulan [Boer & June, 2021; Kementerian Pekerjaan Umum, 2020]. Hanya sebagian kecil daerah Nusa Tenggara Timur memiliki curah hujan yang relatif tinggi (beriklim agak basah dan sedang). Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, sekitar 60 % daratan di NTT bertipe iklim E (agak kering), 30 % nya F (kering) dan 10 %nya dengan tipe iklim C (agak basah) dan D (sedang) [Boer & June, 2021; Nuningsih dkk, 2021]. Penyebaran curah hujan pada wilayah kepulauan Nusa Tenggara Timur menghasilkan 4 daerah yang memiliki pola hujan yang berbeda, mengikuti tipe iklimnya [Nuri, 1985]. Daerah Timor Bagian Barat, termasuk Kabupaten Timor Tengah Selatan, merupakan daerah dengan tipe iklim E.

DAS Bendungan Temef terletak di Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS) dan merupakan bagian dari Sub-DAS Benanain yang termasuk dalam Wilayah Sungai (WS) Benanain (Kementerian PUPR, 2015). Permasalahan lingkungan yang menonjol di DAS Benanain, khususnya yang memengaruhi kondisi hidrologi, adalah perubahan penggunaan lahan. Pada tahun 2015 tercatat adanya pengurangan luas hutan lahan kering primer sebesar 18,83 km² yang disebabkan oleh alih fungsi lahan serta praktik pengelolaan yang kurang memperhatikan prinsip konservasi. Selain itu, di wilayah WS Benanain masih terdapat DAS yang belum memiliki kawasan hutan dengan fungsi konservasi. Data juga menunjukkan bahwa sebanyak 27 DAS memiliki luas hutan lindung kurang dari 30% dari total wilayahnya (Kementerian Pekerjaan Umum, 2020).

Sebagian besar wilayah di WS Benanain memiliki tingkat erosi yang tergolong sedang hingga sangat berat. Kondisi ini dipengaruhi oleh karakteristik tanah yang relatif dangkal, dominasi bahan induk karst (batuan kapur), serta penggunaan lahan yang didominasi oleh semak belukar (63,44%) dan padang rumput (7,54%). Selain itu, wilayah ini juga memiliki potensi banjir

yang cukup tinggi, terutama di bagian hilir yang berupa dataran rendah sehingga rentan mengalami genangan. Beberapa kejadian banjir yang tercatat di Kabupaten TTS antara lain terjadi di Sungai Halilamutu, Sungai Toianas, dan Sungai Boking (Kementerian Pekerjaan Umum, 2020).

Ancaman erosi dan banjir karena limpasan permukaan, mendorong Pemerintah Daerah Kabupaten TTS, merumuskan upaya pengendalian daya rusak banjir. Beberapa point penting pengendalian erosi dan banjir dituangkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) tahun 2012-2023. Salah satu pointnya adalah pengembangan sistem pengendalian banjir, erosi dan longsor yang berada di sub-sub DAS Benanain, meliputi: pembangunan sarana dan prasarana pengendali banjir, konservasi lahan, normalisasi Sungai, dan penetapan zona banjir [Pemerintah Kabupaten TTS, 2012].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan:

1. Menganalisis perubahan tata guna lahan tahun 2018–2024 di DAS Temef;
2. Menganalisis pengaruh perubahan tersebut terhadap limpasan permukaan; dan
3. Memetakan distribusi limpasan permukaan dan erosi pada masing-masing sub DAS

TINJAUAN PUSTAKA

Limpasan permukaan dan laju erosi dengan Model SWAT

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) merupakan model hidrologi terdistribusi yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) serta didukung oleh Sistem Pendukung Keputusan berbasis spasial. Model ini dikembangkan pada dekade 1990-an oleh Dr. Jeff Arnold di Agricultural Research Service (ARS), United States Department of Agriculture (USDA). SWAT dirancang untuk mensimulasikan pengaruh pengelolaan lahan, khususnya di sektor pertanian, terhadap kualitas air, produksi sedimen, serta dinamika bahan kimia dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang luas dan kompleks (Dewi dkk, 2024).

Dalam memodelkan erosi akibat curah hujan

dan limpasan permukaan, SWAT mengadopsi Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE), yang merupakan pengembangan dari Universal Soil Loss Equation (USLE) oleh Wischmeier dan Smith. USLE digunakan untuk memperkirakan rata-rata kehilangan tanah tahunan berdasarkan energi hujan, sedangkan MUSLE menggantikan faktor energi hujan dengan limpasan permukaan. Pendekatan ini menghasilkan estimasi sedimen yang lebih akurat karena limpasan mencerminkan kondisi kelembaban awal tanah serta energi hujan yang terjadi. Selain itu, USLE memerlukan parameter Sediment Delivery Ratio (SDR) karena hanya mempertimbangkan energi pelepasan partikel tanah, sementara MUSLE tidak memerlukan SDR karena limpasan telah merepresentasikan energi untuk proses pelepasan sekaligus pengangkutan sedimen. Secara umum, estimasi erosi dapat dilakukan menggunakan berbagai model empiris seperti USLE, MUSLE, maupun SWAT. Dalam implementasinya, SWAT menghitung besarnya erosi dengan mengacu pada persamaan MUSLE (Neitsch et al., 2011):

$$Sed = 11,8 (Q_{surf} \times q_{peak} \times area_{hru})^{0,56} \quad (1)$$

$$\frac{K_{USLE} \times C_{USLE} \times P_{USLE} \times}{LS_{USLE} \times CFR}$$

Keterangan:

- Sed = Jumlah sedimen (ton)
- Q_{surf} = Volume *Runoff* (mm/ha)
- q_{peak} = Debit puncak (m³/det)
- $area_{hru}$ = Luas DAS (ha)
- K_{USLE} = Erodibilitas tanah
- C_{USL} = Faktor pengelolaan tanaman
- P_{USLE} = Faktor pengelolaan lahan
- LS_{USLE} = Faktor topografi
- CFRG = Fungai kekasaran material tanah.

WGN (*Weather Generator/Generator Cuaca*)

Dalam pemodelan SWAT+ diperlukan data *input* generator cuaca. Terdapat 14 (empat belas) parameter cuaca dalam yang perlu dihitung. Parameter cuaca tersebut dihitung dengan persamaan sebagai berikut (swat.tamu.edu. 2028) :

- 1) Rerata Suhu Harian Maksimum dalam Bulan (Tmp_max_ave)

$$\mu_{MX_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N} \quad (2)$$

Keterangan:

$\mu_{MX_{mon}}$: rata-rata suhu harian maksimum dalam bulan (°C); $T_{mx,mon}$: suhu harian maksimum dalam bulan (°C); N : banyaknya data suhu harian maksimum dalam bulan.

- 2) Standar deviasi Suhu Harian Maksimum dalam Bulan (Tmp_max_sd)

$$\sigma_{MX_{mon}} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mx,mon} - \mu_{MX_{mon}})^2}{N-1}\right)} \quad (3)$$

Keterangan:

$\sigma_{MX_{mon}}$: deviasi standar untuk suhu maksimum harian dalam bulan (°C); $T_{mx,mon}$: suhu maksimum harian dalam bulan (°C); $\mu_{MX_{mon}}$: merupakan nilai suhu maksimum harian pada bulan tersebut (°C); N : menyatakan jumlah data suhu maksimum harian dalam bulan tersebut.

- 3) Rerata Suhu Minimum Harian pada bulan (Tmp_min_ave)

$$\mu_{MN_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mn,mon}}{N} \quad (4)$$

Keterangan:

$\mu_{MN_{mon}}$: Rata-rata suhu minimum harian dalam satu bulan (°C); $T_{mn,mon}$: menunjukkan nilai suhu minimum harian pada bulan tersebut (°C); N : adalah jumlah data suhu minimum harian yang tersedia dalam periode satu bulan tersebut.

- 4) Standar Deviasi Suhu Harian Minimum pada Bulan (Tmp_min_sd)

$$\sigma_{MN_{mon}} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mn,mon} - \mu_{MN_{mon}})^2}{N-1}\right)} \quad (5)$$

Keterangan :

$\sigma_{MN_{mon}}$: standar deviasi untuk suhu harian minimum pada bulan (°C); $T_{mn,mon}$: suhu harian minimum hari ke-d dalam bulan (°C); $\mu_{MN_{mon}}$: Rerata suhu harian minimum untuk bulan tersebut (°C); N : Banyaknya data suhu harian minimum dalam bulan.

- 5) Pcp_ave (Rata-rata atau Mean Curah Hujan Bulanan)

$$R_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day,mon}}{yrs} \quad (6)$$

Keterangan:

R_{mon} : Rerata hujan bulanan (mm H₂O); $R_{day,mon}$: hujan harian hari ke-d pada bulan (mm H₂O); N : Banyaknya hujan pada bulan; dan yr : banyaknya tahun curah hujan harian yang digunakan.

- 6) Standar Deviasi Hujan Harian pada Bulan (Pcp_sd)

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - R_{mon})^2}{N-1}\right)} \quad (7)$$

Keterangan:

σ_{mon} : standar deviasi curah hujan harian pada bulan (mm H₂O); $R_{day,mon}$: hujan harian hari ke-d pada bulan (mm H₂O); R_{mon} : rata-rata

hujan pada bulan tersebut (mm H₂O); dan N : Banyaknya hujan harian dalam bulan.

7) Kemencengan (*skewness*) Hujan Harian dalam Bulan (*Pcp_skew*)

$$g_{mon} = \frac{N * \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - R_{mon})^3}{(N-1) * (N-2) * (\sigma_{mon})^3} \quad (8)$$

Keterangan:

g_{mon} : *skewness* untuk hujan dalam bulan; N : banyaknya hujan harian pada bulan; $R_{day,mon}$: hujan harian hari ke-d pada bulan (mm H₂O); R_{mon} : Rerata hujan dalam bulan tersebut (mm H₂O); σ_{mon} : standar deviasi hujan harian pada bulan (mm H₂O).

8) Kemungkinan Hari Basah Mengikuti Hari Kering pada Bulan (*Wet_dry*)

$$P_i \left(\frac{W}{D} \right) = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}} \quad (9)$$

Keterangan:

P_i (W/D) : Kemungkinan hari basah mengikuti hari kering pada bulan ke-i; $days_{W/D,i}$: banyaknya hari pada bulan ke-i dimana hari basah (lebih dari 0 mm curah hujan) mengikuti hari kering (0 mm curah hujan) selama periode pencatatan; dan $days_{dry,i}$: Banyaknya hari kering pada bulan ke-i selama periode pencatatan.

9) Kemungkinan Hari Basah Mengikuti Hari Basah pada Bulan (*Wet_wet*)

$$P_i \left(\frac{W}{W} \right) = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}} \quad (10)$$

Keterangan:

P_i (W/W) : Kemungkinan hari basah mengikuti hari basah pada bulan ke-i; $days_{W/W,i}$: Banyaknya hari pada bulan ke-i di mana hari basah (lebih dari 0 mm curah hujan) mengikuti hari basah lainnya selama periode pencatatan; dan $days_{wet,i}$: Banyaknya hari basah pada bulan ke-i selama periode pencatatan.

10) Rerata banyaknya hari hujan dalam sebulan (*Pcp_days*)

$$d_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} \quad (11)$$

Keterangan:

$d_{wet,i}$: Rerata banyaknya hari curah hujan pada bulan ke-i; $days_{wet,i}$: Banyaknya hari basah (dengan curah hujan lebih dari 0 mm) pada bulan ke-i selama periode pencatatan; dan yrs : Banyaknya tahun pencatatan.

11) Hujan Maksimum dalam 0.5 Jam (30 Menit) Sebulan (*Pcp_hhr*)

Parameter ini adalah kedalaman curah hujan tertinggi dalam periode 30 menit yang tercatat selama bulan tertentu.

12) Rerata radiasi harian matahari dalam Sebulan (*Slr_ave*)

$$\mu_{rad,mon} = \frac{\sum_{d=1}^N H_{day,mon}}{N} \quad (12)$$

Keterangan:

$\mu_{rad,mon}$: Rerata radiasi harian matahari dalam bulan ke-i (MJ/m²/hari); $H_{day,mon}$: Jumlah radiasi matahari yang sampai ke bumi pada hari ke-i dalam bulan ke-i (MJ/m²/hari); dan N : Panjang data radiasi harian matahari pada bulan ke-i.

13) Kelembapan relatif ; Rerata harian suhu titik embun Setiap Bulan (°C) atau Kelembapan Relatif (fraksi) (*dew_ave*)

$$\mu_{dew,mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{dew,mon}}{N} \quad (13)$$

Keterangan:

$\mu_{dew,mon}$: Rerata harian suhu titik embun pada bulan ke-i (°C); $T_{dew,mon}$: suhu titik embun hari ke-i untuk bulan ke-i (°C); dan N : banyaknya data harian suhu titik embun dalam bulan ke-i.

14) Rerata harian kecepatan angin setiap bulan (m/det) (*Wnd_ave*)

$$\mu_{wnd,mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{wnd,mon}}{N} \quad (14)$$

Keterangan:

$\mu_{wnd,mon}$: Rerata harian kecepatan angin pada bulan (m/s); $T_{wnd,mon}$: Rerata kecepatan angin untuk hari ke-d pada bulan (m/s); dan N : Panjang data harian kecepatan angin dalam bulan.

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Adalah di DAS Bendungan Temef. DAS bendungan Temef Adalah bagian hulu dari DAS Benanain, yang merupakan DAS Terbesar di NTT. DAS bendungan Temef Sebagian besar berada dalam wilayah Kabupaten Timor Tengah Selatan, Hanya Sebagian kecil di hulu DAS yang masuk ke wilayah Kabupaten Timor Tengah Utara. Luas DAS Bendungan Temef ±551 km².

Data dan Sumber Data

Untuk pemodelan SWAT+ diperlukan data spasial dan data non spasial. Data-data tersebut adalah: (a) *Digital Elevation Model* (DEM) (file raster 8m × 8m), data DEM diunduh dari situs resmi BIG (Badan Informasi Geospasial); (b) Landuse/land cover (file raster, 10m x 10m), diunduh dari situs resmi ESRI (*Environment Science & Research Institute*); (c) Peta jenis tanah

Tabel 1. Jenis dan sumber data

No	Jenis Data	Sumber Data
1	Data hujan	BBWS NT II
2	Data iklim	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (https://power-larc-nasa-gov.translate.google/? x tr sl=en& x tr tl=id& x tr hl=id& x tr_pto=tc)
3	Data DEM (<i>Digital Elevation Model</i>)	Badan Informasi Geospasial (https://www.indonesia-geospasial.com)
4	Tutupan Lahan	- <i>Environmental Systems Research Institute</i> (https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer)
5	Jenis Tanah	BBSDLP Kementerian Pertanian

Kabupaten Timor Tengah Selatan (file vektor), dengan sumber data adalah Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP); (d) Data hujan (pos hujan Oeoh, Fatumnasi, dan Nifukani), diperoleh BBWS NT II (Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara II); dan (e) Data iklim, diunduh dari situs resmi NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Data dan sumber data disajikan pada Tabel 1.

Tahapan Analisa Data

Simulasi model SWAT+ terdiri dari 2 skenario yaitu, skenario pertama menggunakan *landuse* tahun 2018 dan skenario kedua menggunakan *landuse* 2024. Untuk data masukan yang lain sama untuk kedua skenario. Metodologi yang dikembangkan untuk kedua skenarioa terdiri dari tiga bagian utama. Bagian yang pertama adalah persiapan basis data (*database*) untuk pemodelan SWAT. Input data Model SWAT+ adalah berupa data peta (raster) dan data data tabel. Format data raser dan data tabel harus mengikut ketentuan tertentu sesuai panduan SWAT+ agar program SWAT+ dapat membaca data tersebut. Perangkat lunak yang digunakan untuk menyiapkan data spasial sesuai format yang dibutuhkan SWAT+ Adalah perangkat lunak QGIS. Untuk data tabel diolah dengan perangkat lunak *weather generator (WGN) Parameters Estimation Tool* dan MS Excell.

Tahapan kedua yaitu menjalankan simulasi SWAT+. Simulasis terdiri dari pemuatan batas DAS (*Watershed Delineation*), pembuatan dan pendefinisian HRUs, dan *running* model SWAT+ pada SWAT+ Editor. Tahapan terakhir yaitu menafsirkan *output* SWAT+. *Output* SWAT+ terdiri dari jenis file *.csv (tersimpan dalam folder *Scenario-Default-TextInOut*), dan tipe file *.sqlite (tersimpan dalam *swatplus_output*),

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyiapkan data (*data Preparation*)

1. Menyiapkan Generator Cuaca

Pada pemodelan dengan SWAT+, data iklim terlebih dahulu diolah dan dibuat dalam format tertentu (baik isi maupun tipe file). Format file dan isi data harus sesuai dengan yang disyaratkan model SWAT+, agar tidak terjadi kesalahan saat menjalankan simulasi model. Empat belas parameter cuaca dihitung menggunakan perangkat lunak *weather generator (WGN) Parameters Estimation Tool*. Parameter iklim tersebut disimpan dalam file *weather generator*. Hasil perhitungan dan format tabel *Weather Generator* disajikan pada Tabel 2.

2. Menyiapkan File cuaca (*weather file*)

Input model SWAT+ juga memerlukan file cuaca untuk masing-masing jenis data iklim yaitu, data hujan, data suhu, data kelembaban relative, data kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Data iklim masing-masing dibuat dalam 2 (dua) jenis file. File yang pertama adalah besaran dan jumlah data (banyaknya file tergantung jumlah data iklim yang digunakan dalam simulasi) untuk setiap jenis data iklim dengan ekstensi *.tmp untuk data suhu, *.pcp untuk data hujan, *.hmd untuk data kelembaban relative, *.wnd untuk data kecepatan angin, dan *.slr untuk data radiasi matahari. Jenis file berikutnya adalah file master yang berisi daftar nama setiap stasiun cuaca dengan ekstensi *.cli. File master diberi nama sesuai format yang ditetapkan oleh model yaitu tmp.cil (nama setiap pos pencatatan data suhu), pcp.cli (nama setiap pos pencatatan data hujan), hmd.cli (nama setiap pos pencatatan data kelembaban relatif), slr.cli (nama setiap pos pencatatan data Radiasi/penyinaran), dan wnd.cli (nama setiap pos pencatatan data kecepatan angin).

Tabel 2. Generator cuaca

id	wgn_id	month	tmp_max_ave	tmp_min_ave	tmp_max_sd	tmp_min_sd	pcp_ave	pcp_sd	pcp_skew	wet_dry	wet_wet	pcp_days	pcp_hhr	slr_ave	dew_ave	
1	1	1	27.21	22.28	1.76	0.59	361.03	13.19	2.07	0.56	0.97	29.85	15.3	39.27	0.88	1.22
2	1	2	27.15	22.07	1.52	0.68	318.35	15.5	2.98	0.62	0.98	27.45	19.17	39.08	0.88	1.1
3	1	3	27.42	21.82	1.22	0.88	213.99	10.23	3.31	0.52	0.95	28.45	12.7	37.5	0.88	0.89
4	1	4	27.85	21.1	1.28	1.15	96.18	10.57	9.48	0.27	0.87	20.65	9.28	34.44	0.85	1.01
5	1	5	28.57	20.63	1.65	1.33	33.71	3.45	6.48	0.19	0.77	14.2	3.69	31.14	0.8	1.33
6	1	6	28.86	19.59	1.54	1.58	19.32	2.33	7.58	0.13	0.73	10.05	2.55	29.32	0.75	1.47
7	1	7	28.92	18.77	1.23	1.39	10.89	2.44	16.47	0.11	0.65	7.9	2.2	30.02	0.72	1.54
8	1	8	29.99	18.58	1.44	1.27	4.09	0.85	13.24	0.08	0.6	5.7	0.66	32.77	0.68	1.51
9	1	9	31.88	19.38	1.44	1.49	9.43	1.58	8.31	0.07	0.68	5.6	0.93	35.94	0.65	1.37
10	1	10	33.26	20.93	1.47	1.36	27.84	2.99	5.94	0.11	0.79	10.8	2.95	38.15	0.63	1.15
11	1	11	33	22.35	2.24	0.9	99.01	6.14	3.27	0.32	0.86	21.4	7.36	38.96	0.67	0.86
12	1	12	29.24	22.61	2.41	0.68	270.24	11.17	2.9	0.69	0.95	29.2	14.57	39.08	0.82	0.91
13	2	1	28.75	24.37	1.4	0.57	379.08	16.9	2.77	0.61	0.96	29.45	19.69	39.25	0.84	2.33
14	2	2	28.59	24.18	1.21	0.62	336.05	20.45	4.12	0.64	0.96	26.85	24.3	39.07	0.84	2.03
15	2	3	28.51	24.14	1.03	0.65	235.58	12.81	3.03	0.45	0.95	28.15	16.31	37.5	0.84	1.69
16	2	4	28.28	23.86	1.08	0.76	100.15	12.46	9.02	0.36	0.88	22.8	12.37	34.44	0.82	1.99
17	2	5	28.21	23.31	1.24	0.99	31.81	4.33	8.26	0.32	0.76	17.8	4.71	31.13	0.78	2.7
18	2	6	27.93	22.29	1.25	1.26	15.41	2.12	9.27	0.25	0.73	14.65	2.03	29.31	0.75	2.94
19	2	7	27.75	21.44	0.98	1.11	10.41	2.99	19.31	0.2	0.67	12	2.34	30.02	0.73	2.93
20	2	8	28.61	21.12	1.17	1.03	3.96	1.22	18.62	0.18	0.58	9.4	0.75	32.79	0.7	2.84
21	2	9	30.55	21.89	1.26	1.16	10.27	2.45	14.79	0.13	0.73	9.95	1.52	35.97	0.69	2.5
22	2	10	32	23.25	1.23	1.1	30.2	4.25	7.52	0.16	0.81	14.45	4.48	38.17	0.68	2.32
23	2	11	32.32	24.57	1.74	0.73	114.25	9.12	4.1	0.35	0.83	20.6	11.24	38.96	0.69	1.94
24	2	12	29.93	24.84	1.8	0.6	297.17	15.79	3.85	0.75	0.95	29.35	21.62	39.06	0.8	1.81
25	3	1	27.21	22.33	1.76	0.59	361.21	14.63	2.17	0.66	0.92	27.75	16.81	39.25	0.88	1.22
26	3	2	27.15	22.1	1.52	0.71	317.67	17.11	3.26	0.73	0.91	25.45	20.89	39.07	0.88	1.1
27	3	3	27.42	21.86	1.22	0.89	211.69	11.28	3.15	0.57	0.85	24.7	14.75	37.5	0.88	0.89
28	3	4	27.85	21.13	1.28	1.17	95.69	11.42	9.35	0.33	0.71	16.05	10.84	34.44	0.85	1.01
29	3	5	28.57	20.7	1.65	1.36	33.49	3.92	6.89	0.2	0.62	10.95	4.51	31.13	0.8	1.33
30	3	6	28.86	19.62	1.54	1.58	19.53	2.59	7.38	0.13	0.63	8	2.94	29.31	0.75	1.47
31	3	7	28.92	18.79	1.23	1.39	10.62	2.7	16.54	0.11	0.46	5.5	2.51	30.02	0.72	1.54
32	3	8	29.99	18.6	1.44	1.28	4.08	0.97	14.02	0.08	0.33	3.6	0.78	32.79	0.68	1.51
33	3	9	31.88	19.44	1.44	1.49	9.45	2.04	13.32	0.08	0.47	4.1	1.37	35.97	0.64	1.37
34	3	10	33.26	20.98	1.47	1.37	28.63	3.51	6.65	0.13	0.62	8.45	3.81	38.17	0.63	1.14
35	3	11	33	22.4	2.24	0.89	100.54	7.32	3.79	0.37	0.72	17.2	9.11	38.96	0.67	0.85
36	3	12	29.24	22.65	2.41	0.68	271.36	13.32	3.45	0.61	0.9	26.75	17.83	39.06	0.82	0.92

```

Fatumnasi_pcp.pcp
File Edit View

manipcp.pcp: Hujan harian Stasiun Fatumnasi|
nbyr  tstep  lat  lon  elev
20    0      -9.6482 124.2248  529.93
2005  1      0.73
2005  2      9.79
2005  3      6.03
2005  4      0
2005  5      0.03
2005  6      2.43
2005  7      0.72
2005  8      0.36
2005  9      0
2005  10     0
2005  11     0.02
2005  12     15.47
2005  13     8.67
2005  14     31.35
2005  15     0.07
2005  16     0.04
2005  17     11.86
2005  18     4.61
    
```

(a)

```

pcp.cli
File Edit View

pcp.cli: Nama file hujan harian
filename
Oeoh_pcp.pcp
Nifukani_pcp.pcp
Fatumnasi_pcp.pcp
    
```

(b)

Gambar 1. (a) Data dan curah hujan (file rotcp.pcp); (b) File master pcp.cli

Apabila nama file data iklim dibuat berbeda dengan yang terdapat dalam file dengan ekstensi

*.cli, simulasi tidak berjalan karena model SWAT+ tidak dapat menemukan file iklim tersebut. Semu file iklim tersebut harus disimpan dalam satu berkas atau folder. Gambar 1a adalah format file curah hujan Stasiun hujan Fatumnasi yang dibuat dengan nama file fatumnasi_pcp.pcp. File master data hujan pcp.cli yang berisi nama file data curah hujan setiap stasiun hujan (oeh_pcp.pcp, nifukani_pcp.pcp, dan fatumnasi_pcp.pcp) ditampilkan pada Gambar 1b.

3. Menyiapkan data *land use*

Dalam pemodelan SWAT+ ataupun dengan program SWAT yang lain, data *land use* terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu data keruangan (peta yang harus dengan format file raster) dan data berupa tabel (*lookup table*) dibuat dengan format file *.csv. Tabel atribut pada peta raster harus sinkron dengan tabel *lookup* agar *Land use* pada peta raster dapat dikenal oleh SWAT.

Tabel 3. Tabel *Lookup landuse*

LANDUSE	SWAT CODE
1	URML
2	BARR
3	GRAR
4	WATR
5	FRST
6	AGRL

File tabel *lookup* berisi kode penggunaan lahan dalam *database* SWAT+. Penomoran pada data tabel harus selaras dengan tabel atribut peta raster. Tabel 3 adalah tabel *lookup landuse*, nomor 1 pada kolom "LANDUSE" harus sama dengan DN (digital number) nomor 1 pada peta raster. Pada kolom "SWAT_CODE", Kode URML merupakan kode *landuse* dalam *database* SWAT+. *Land use* dengan kode URML adalah kelas lahan pemukiman dengan kepadatan rendah (*Residential low density*).

4. Menyiapkan Data Jenis Tanah

Dalam pemodelan SWAT+ ataupun dengan program SWAT yang lain, data jenis tanah terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu data keruangan (peta yang

harus dengan format file raster) dan data berupa tabel (*lookup table*) dibuat dengan format file *.csv. Peta jenis tanah format file vector (*.shp) yang tersedia BBSDLP merupakan jenis tanah menurut klasifikasi tanah dari Pusat Penelitian Tanah (PPT) 1978/1982. Jenis Tanah PPT 1978/1982 beserta karakteristiknya tidak tersedia *database* SWAT+. Dalam *database* SWAT+ tersedia 2 (dua) jenis tanah beserta dengan karakteristiknya untuk pengguna dari Amerika Serikat, terdiri dari STATSGO dan SSURGO. Selain STATSGO dan SSURGO, tersedia juga jenis tanah menurut klasifikasi FAO yang diperuntukan bagi pengguna SWAT+ dari luar Amerika Serikat, dan tersedia dengan nama file *Global_user Soil*. Untuk keperluan pemodelan SWAT+, PPT 1978/1982, terlebih dahulu dikonversi ke jenis tanah padanannya sesuai dengan klasifikasi tanah FAO (*Food and Agriculture Organization*). Jenis tanah PPT 1978/1982 dan padanannya menurut klasifikasi FAO disajikan pada Tabel 5. Langkah berikutnya setelah konversi jenis tanah PPT 1978/1982 ke padanannya menurut klasifikasi FAO mencari kode setiap jenis tanah pada FAO map Unit. Setiap jenis tanah pada klasifikasi FAO memiliki beberapa sub jenis tanah. Sub jenis tanah tersebut diinput ke kolom SNAM pada tabel *lookup* jenis tanah.

Tabel 4. *Lookup table* jenis tanah

Id Soil	SNAM
1	Rd18-3ab-228
2	I-Bc-Tv-2-64
3	Bd30-2-3c-9
4	E16-2a-476
5	Lc13-1a-127
6	I-Bc-Tv-2-64
7	Je62-2-3a-4518

Pemberian nomor pada data tabel *lookup* jenis tanah harus selaras dengan tabel atribut peta raster. Tabel 4 adalah tabel *lookup* jenis tanah. Angka 1 pada kolom "id_soil" tidak boleh berbeda dengan DN (digital number) nomor 1 pada peta raster jenis tanah.

Simulasi Model SWAT

Dalam pemodelan SWAT+, tahapan simulasi terdiri dari 3 (tiga), yaitu yang pertama Adalah pembuatan batas DAS (*Watershed Delineation*),

Tabel 5. Klasifikasi Tanah Nasional, padanan-nya dari FAO, dan kode jenis tanah dalam database SWAT+

SPT	Id_Soil	PPT Bandung (1978/1982)	FAO	Kode FAO	SNAM
8	1	Regosol Ustik	Dystric Regosols	Rd	Rd18-3ab-228
24	2	Singkanan Batuan	Lithosols	I	I-Bc-Tv-2-64
27	3	Kambisol Ustik	Dystric Cambisols	Bd	Bd30-2-3c-9
29	4	Mediteran Litik	Rendzinas	E	E16-2a-476
36	5	Mediteran Ustik	Chromic Luvisols	Lc	Lc13-1a-127
39	6	Kambisol Litik	Lithosols	I	I-Bc-Tv-2-64
3333	7	Aluvial Gleik	Eutric Fluvisols	Je	Je62-2-3a-4518

membuat HRU (*Hydrology Response Unit*), dan *Edit Input and Run*

Dalam pemodelan SWAT+, proses deliniasi DAS dilakukan untuk menentukan wilayah yang berkontribusi dalam mengubah curah hujan sebagai input menjadi limpasan permukaan (runoff) pada satu titik keluaran (outlet). Tahapan ini bertujuan menghasilkan representasi spasial berupa batas DAS, jaringan sungai, serta pembagian Sub-DAS. Deliniasi tersebut menggunakan data Model Elevasi Digital (DEM) yang bersumber dari DEMNAS sebagai input utama. Berdasarkan penerapan nilai ambang (threshold) untuk sungai dan anak sungai secara default, wilayah kajian terbagi menjadi 31 Sub-DAS.

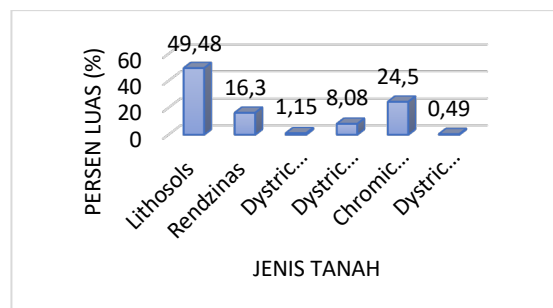
Selanjutnya, Hydrologic Response Unit (HRU) merupakan unit analisis terkecil dalam simulasi SWAT yang diperoleh melalui proses tumpang susun (overlay) antara peta penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Informasi hasil pembentukan HRU disajikan dalam file berformat .txt yang dapat diakses melalui menu *Report* pada QSWAT+, tepatnya pada opsi *Select Report to View* setelah proses HRU selesai. Hasil pembentukan HRU yang ditunjukkan pada Gambar 2 memperlihatkan beberapa informasi utama, antara lain tidak dilakukan penggabungan sungai, penggunaan metode threshold berbasis persentase luas (filter by area) dengan nilai 0% (tanpa penyaringan luas minimum), jumlah HRU yang terbentuk sebanyak 5.844 unit, serta total luas DAS sebesar 55.145,5 hektar.

Jenis tanah yang paling dominan di DAS Temef adalah Lithosols, dengan luas 27.286,85 Ha, atau secara persentase sebesar 49,48% dari luas DAS keseluruhan yaitu sekitar 55.145,88 Ha. Jenis tanah Chromic Luvisols menempati nomor urut dua sebagai jenis tanah terluas, yaitu dengan luas 13.512,94 (24,5%); diikuti oleh jenis tanah Rendzinas dengan luas 8.987,95 (16,3%). Jenis tanah yang lain luasnya lebih kecil dari 10% yaitu, Dystric Cambisols dengan total luas 4.455,61 Ha

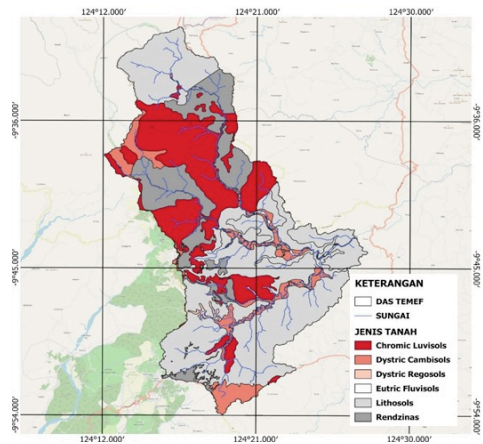
(8,08%), Dystric Fluvisols seluas 633,52 ha (1,15%) dan Dystric Regosols dengan luas sebesar 268,97 Ha (0,49%). Persentase tiap jenis tanah di DAS Temef secara grafis dapat dilihat pada Gambar 3. Sebaran jenis tanah secara spasial di DAS Temef dapat dilihat pada Gambar 4.

Watershed		Area [ha]		%Watershed
Watershed		55145.84		
Landuse		Area [ha]		%Watershed
GRAR		28060.61	(28060.61)	50.88 (50.88)
FRST		23134.11	(23134.11)	41.95 (41.95)
URML		3404.56	(3404.56)	6.17 (6.17)
HETW		87.05	(87.05)	0.16 (0.16)
AGRL		232.23	(232.23)	0.42 (0.42)
BARR		227.28	(227.28)	0.41 (0.41)
Soil		Area [ha]		%Watershed
I-Bc-Tv-2-64		27286.85	(27286.85)	49.48 (49.48)
E16-2a-476		8987.95	(8987.95)	16.30 (16.30)
Je62-2-3a-4518		633.52	(633.52)	1.15 (1.15)
Bd30-2-3c-9		4455.61	(4455.61)	8.08 (8.08)
Lc13-1a-127		13512.94	(13512.94)	24.50 (24.50)
Rd18-3ab-228		268.97	(268.97)	0.49 (0.49)
Slope		Area [ha]		%Watershed
0-8		9351.35	(9351.35)	16.96 (16.96)
8-15		9866.39	(9866.39)	17.89 (17.89)
15-25		14284.06	(14284.06)	25.90 (25.90)
25-40		12123.57	(12123.57)	21.98 (21.98)
40-9999		9520.47	(9520.47)	17.26 (17.26)

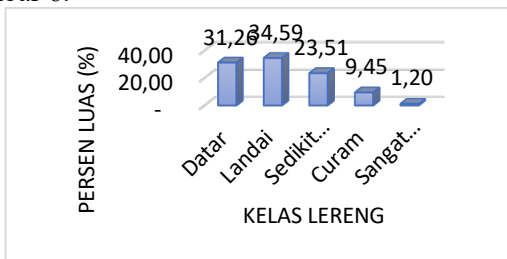
Gambar 2. Hasil pembuatan HRUs



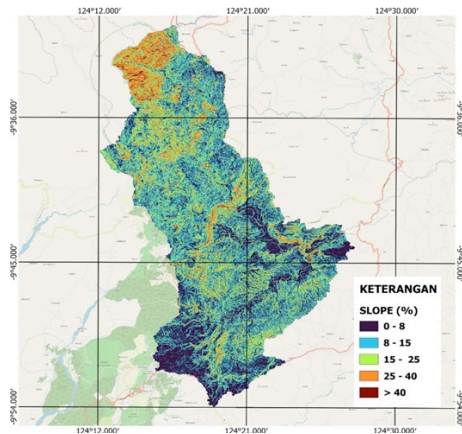
Gambar 3. Persentase luas tiap jenis tanah DAS



Gambar 4. Peta Sebaran jenis tanah DAS Temef
Kemiringan lereng di DAS Temef diklasifikasikan menjadi lima kelas, yaitu datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Kelas lereng yang paling dominan di DAS Temef adalah kelas lereng “Landai”, dengan total luas 19.091,77 Ha (34,59). Selanjutnya diikuti oleh kelas lereng Datar, sedikit curam, dengan masing-masing luas 17.254,24 Ha (31,26%), dan 12.974,45 Ha (23,51%). Kelas lereng dengan persentase luas kurang dari 10% adalah kelas lereng “curam” dengan luas 5.214,42 (9,45), dan kelas lereng “sangat curam” dengan luas 660,02 Ha (1,2%). Persentase tiap kelas kemiringan lereng secara grafis dapat dilihat pada gambar 5. Sedangkan sebaran secara spasial kelas kemiringan lereng DAS Temef ditampilkan pada Gambar 6.

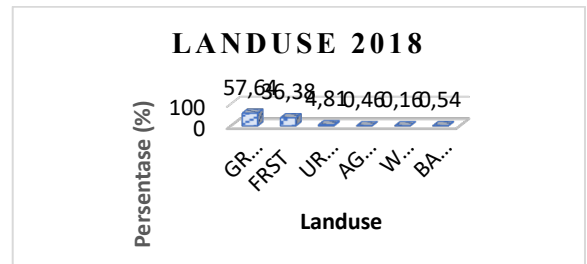


Gambar 5. Persentase luas kemiringan lengeng DAS Temef

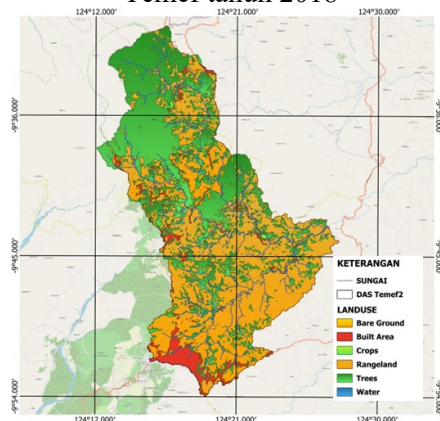


Gambar 6. Peta sebaran kemiringan lengeng DAS Temef

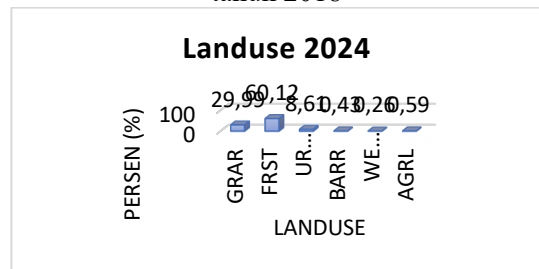
Luas (dalam persen) tiap kelas *landuse* DAS Temef output *HRU* skenario I ditampilkan pada Gambar 7. Gambar 8 adalah peta sebaran kelas *landuse* DAS Temef Skenario I.



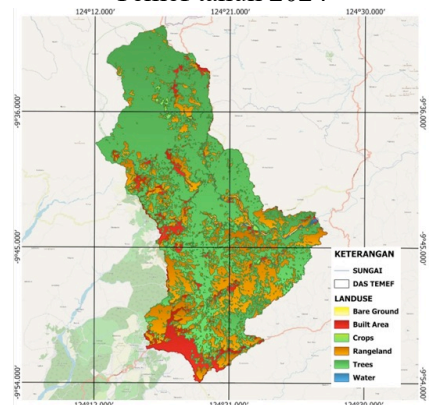
Gambar 7. Persentase luas tiap Kelas *landuse* DAS Temef tahun 2018



Gambar 7. Peta sebaran kelas *landuse* DAS Temef tahun 2018



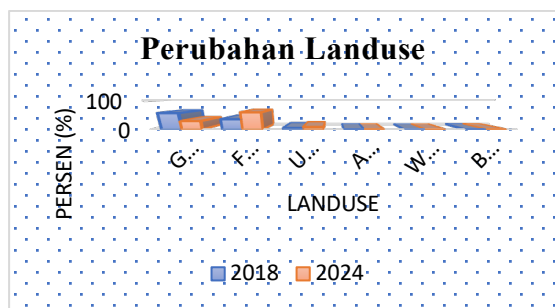
Gambar 7. Persentase luas tiap Kelas *landuse* DAS Temef tahun 2024



Gambar 7. Peta sebaran kelas *landuse* DAS Temef tahun 2024

Tabel 6. Perubahan *landuse* tahun 2018 dan 2024

Kelas <i>Landuse</i>	Luas Tahun 2018		Luas Tahun 2024		Luas Perubahan	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Semak Belukar (GRAR)	31.785	57,6	16.538	29,9	-15.247	-27,65
Hutan (FRST)	20.064	36,4	33.151	60,1	13.088	23,74
Pemukiman (URML)	2.655	4,8	4.747	8,6	2.092	3,80
Pertanian (AGRL)	255	0,5	240	0,43	-16	-0,03
Badan air (WETW)	87	0,2	146	0,26	59	0,10
Padang rumput/Tanah kosong (BARR)	300	0,5	324	0,59	24	0,05
Total	55.14	100	55.146	100		



Gambar 8. Persentase Perubahan tataguna lahan DAS Temef tahun 2018 – 2024

Selama rentang waktu dari tahun 2018 sampai 2024 tataguna lahan mengalami perubahan. Perubahan *landuse* secara terperinci ditampilkan pada Tabel 6. Gambar 8 menampilkan secara grafis perubahan luas kelas tataguna lahan antara tahun 2018 dan tahun 2024.

Runoff output Simulasi SWAT+

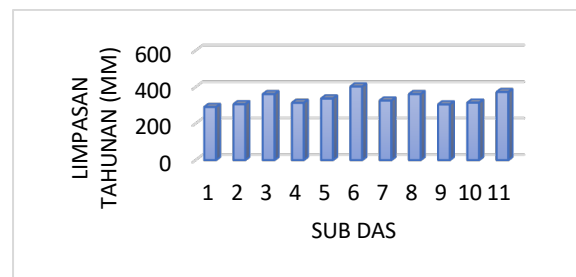
1. Skenario 1 (land use tahun 2018)

Rerata *Runoff* tahunan untuk simulasi I (*landuse* tahun 2018) rinciannya terdapat pada Tabel 7. Secara grafis *runoff* tahunan simulasi pertama dapat dilihat pada Gambar 9. Gambaran *runoff* secara spasial untuk masing-masing sub DAS Hasil simlasi pertama dapat dilihat pada Gambar 10.

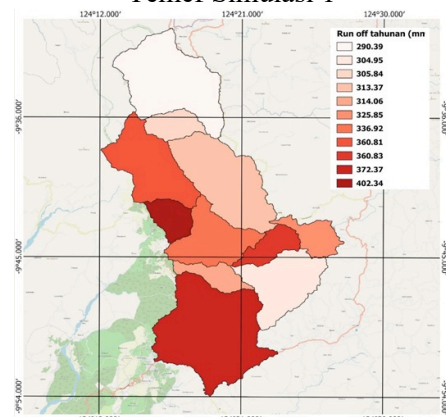
Dari Tabel 7 dan Gambar 9, sub DAS 6 merupakan sub DAS dengan *Runoff* tahunan tertinggi yaitu sebesar 402,35 mm/tahun. Sub DAS dengan *runoff* tahunan terendah adalah sub DAS 1, yaitu sebesar 290,39 mm/tahun. Dari peta Gambar 10, terlihat sebaran *runoff* terendah umumnya terdapat dibagian hulu DAS, sedangkan *runoff* tertinggi umumnya terdapat dibagian hilir DAS.

Tabel 7. *Runoff* simulasi I

Sub DAS	Luas (Km ²)	Hujan (mm)	Runoff (mm)
1	91.65	1,499.18	290.39
2	18.50	1,500.68	305.84
3	61.73	1,501.00	360.81
4	81.74	1,501.32	313.38
5	47.56	1,501.36	336.92
6	18.73	1,501.99	402.35
7	19.77	1,501.99	325.85
8	19.15	1,501.09	360.82
9	54.62	1,499.57	304.95
10	17.04	1,498.88	314.06
11	120.98	1,501.17	372.37
Rata-rata		1,500.75	335.25



Gambar 9. Runof tahunan rerata tiap sub DAS Temef Simulasi 1



Gambar 10. Sebaran Runof tahunan rerata tiap sub DAS Temef Simulasi 1

2. Skenario 2 (land use tahun 2024)

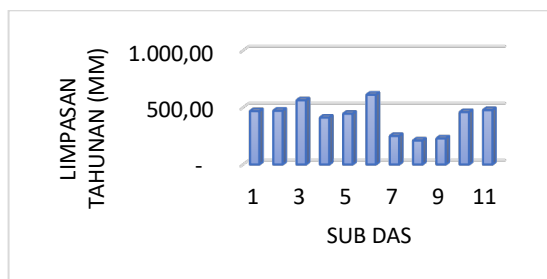
Rerata *Runoff* tahunan untuk simulasi I (*landuse* tahun 2018) rinciannya terdapat pada Tabel 7. Secara grafis *runoff* tahunan simulasi pertama dapat dilihat pada Gambar 9. Gambaran *runoff* secara spasial untuk masing-masing sub DAS Hasil simlasi pertama dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 11, sub DAS 6 merupakan sub DAS dengan *Runoff* tahunan tertinggi yaitu sebesar 611.96 mm/tahun. Sub DAS dengan *runoff* tahunan terendah adalah sub DAS 8, yaitu sebesar 209,93 mm/tahun. Dari peta Gambar 12, terlihat pola sebaran *runoff* hasil simulasi II yaitu secara garis besar bagian hulu DAS didominasi oleh

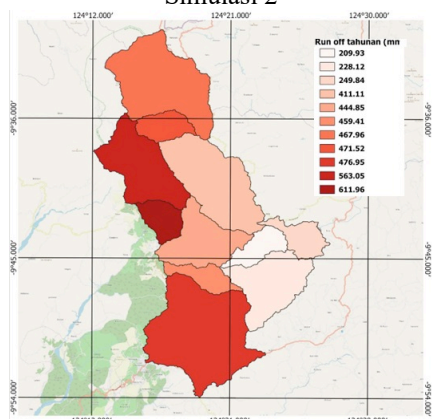
runoff rendah, sedangkan bagian Tengah DAS kearah hilir DAS didominasi oleh *runoff* yang tinggi.

Tabel 8. *Runoff* simulasi I

Sub DAS	Luas (Km ²)	Hujan (mm)	Runoff (mm)
1	1.85	1,499.18	467.96
2	2.19	1,500.68	471.52
3	0.04	1,501.00	563.05
4	0.33	1,501.32	411.11
5	2.93	1,501.36	444.85
6	6.04	1,501.99	611.96
7	7.28	1,501.99	249.84
8	3.92	1,501.09	209.93
9	1.67	1,499.57	228.12
10	8.39	1,498.88	459.41
11	4.85	1,501.17	476.95
Rata-rata		1,500.75	417.70



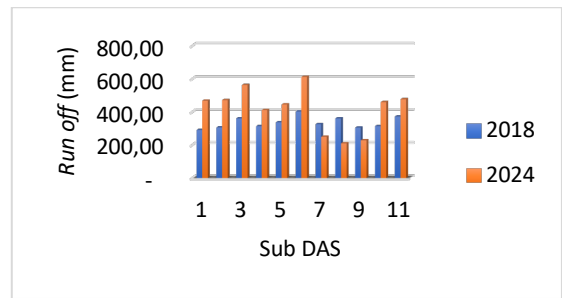
Gambar 11. Runof tahunan rerata tiap sub DAS Temef Simulasi 2



Gambar 12. Sebaran Runof tahunan rerata tiap sub DAS Temef Simulasi 2

3. Perubahan *Runoff* skenario 1 dan 2

Runoff tahunan simulasi I dibandingkan dengan *runoff* simulasi II menunjukkan peningkatan dari skenario I ke skenario II, Dimana simulasi II lebih tinggi disebagian besar sub DAS. Dari 11 (sebelas) sub DAS hasil delinasi, 3 sub DAS mengalami penurunan *runoff* tahunan. Peningkatan yang signifikan terjadi di sub DAS 1 dan 11, yang mana persentase peningkatannya lebih besar dari 100%.



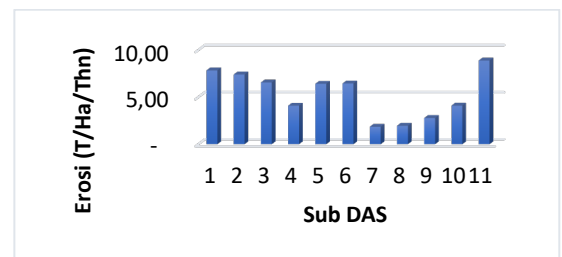
Gambar 13. Runof tahunan rerata tiap sub DAS Temef skenario 1 dan skenario 2.

Sub DAS mengalami penurunan *Runoff* yaitu, sub DAS 3, dan 4, yang masing-masing mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu sebesar 85,1% dan 54,31%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tataguna lahan dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2023 berpengaruh terhadap perubahan *runoff* di DAS Temef. Gambar 13 menunjukkan perbedaan *runoff* skenario 1 dan skenario 2.

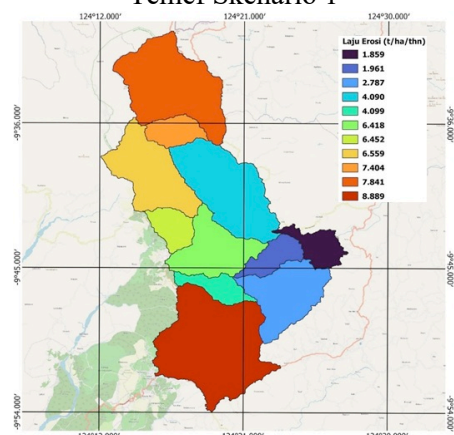
Erosi Lahan output simulasi SWAT+

1. Skenario 1 (*land use* tahun 2018)

Secara grafis *Erosi lahan* tahunan simulasi pertama dapat dilihat pada Gambar 14. Gambaran *Erosi lahan* secara spasial untuk masing-masing sub DAS Hasil simlasi pertama dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Erosi lahan tahunan rerata tiap sub DAS Temef Skenario 1



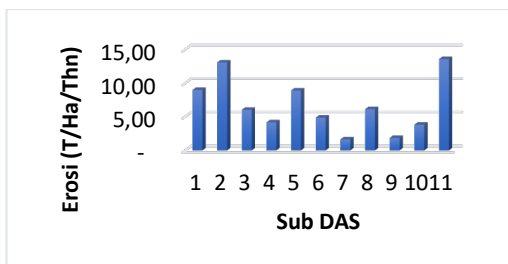
Gambar 15. Sebaran Erosi lahan tahunan rerata tiap sub DAS Temef Skenario 1

Dari Gambar 14, sub DAS 11 merupakan sub DAS dengan Erosi lahan tahunan tertinggi yaitu sebesar 8,89 t/ha/tahun. Sub DAS dengan Erosi lahan tahunan terendah adalah sub DAS 7, yaitu sebesar 1,86 t/ha/tahun. Dari peta Gambar 15, terlihat sebaran Erosi lahan terendah umumnya terdapat dibagian hulu DAS, sedangkan Erosi lahan tertinggi umumnya terdapat dibagian hilir DAS.

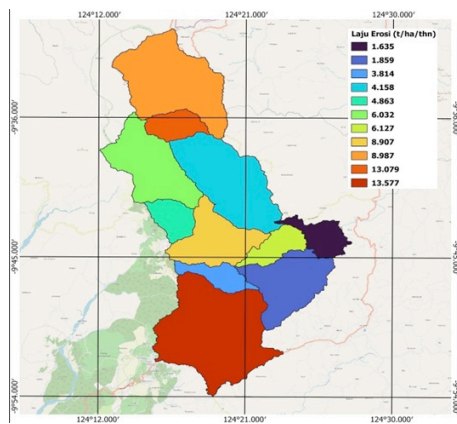
2. Skenario 2 (land use tahun 2018)

Erosi lahan Tahunan rata-rata untuk simulasi kedua (dengan tataguna lahan tahun 2024) secara grafis erosi lahan tahunan dapat dilihat pada Gambar 16. Gambaran Erosi lahan secara spasial untuk masing-masing sub DAS Hasil simulasi pertama dapat dilihat pada Gambar 17.

Dari Tabel 16 dan Gambar 34, sub DAS 11 merupakan sub DAS dengan *Erosi lahan* tahunan tertinggi yaitu sebesar 13,58 t/ha/tahun. Sub DAS dengan Erosi lahan tahunan terendah adalah sub DAS 7, yaitu sebesar 1,64 t/ha/tahun. Dari peta Gambar 30, terlihat pola sebaran Erosi lahan hasil simulasi II yaitu secara garis besar bagian hulu DAS didominasi oleh Erosi lahan rendah, sedangkan bagian Tengah DAS kearah hilir DAS didominasi oleh Erosi lahan yang tinggi.



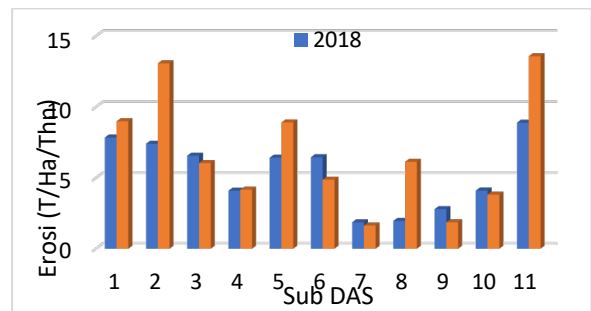
Gambar 16. Erosi lahan tahunan rata-rata tiap sub DAS Temef Skenario 2



Gambar 17. Sebaran Erosi lahan tahunan rata-rata tiap sub DAS Temef Skenario 2

4. Perubahan Erosi Lahan skenario I dan skenario II

Erosi lahan tahunan simulasi SWAT I (dengan tataguna lahan tahun 2018) dibandingkan dengan *Erosi lahan* simulasi SWAT II (tataguna lahan tahun 2024) menunjukkan hasil simulasi II lebih tinggi disebagian besar sub DAS. Dari 11 (sebelas) sub DAS hasil delinasi, pada 4 sub DAS terjadi penurunan *Erosi lahan* tahunan, sedangkan 7 sub DAS terjadi peningkatan erosi lahan. Peningkatan yang signifikan terjadi di sub DAS 8, yang mana persentase peningkatannya lebih besar dari 100%. Sub DAS mengalami penurunan *Erosi lahan* yaitu, sub DAS 3, dan 6, 7, 9, 10, yang masing-masing mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu sebesar 8,04%, 24,6%, 12,07%, 33,33% dan 6,96%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tataguna lahan dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2024 berpengaruh terhadap perubahan *Erosi lahan* di DAS Temef. Gambar 18 menunjukkan perbedaan *Erosi lahan* simulasi 1 dan simulasi 2.



Gambar 18. Erosi Lahan tahunan rerata tiap sub DAS Temef Skenario I dan Skenario II

Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan

Berdasarkan hasil pemodelan SWAT, dapat diurikan dua point pengaruh perubahan tataguna lahan terhadap limpasan dan erosi lahan sebagai berikut:

1. Peningkatan hutan seharusnya menurunkan runoff dan erosi lahan, namun kenaikan permukiman, penurunan semak belukar dan perubahan ruang terbuka menyebabkan peningkatan koefisien runoff pada beberapa sub DAS, yang juga berpengaruh terhadap peningkatan erosi lahan
2. Kombinasi lereng curam dan tanah dangkal memperkuat respon hidrologi berupa runoff dan erosi lahan yang tinggi di area tengah dan hilir DAS

KESIMPULAN

1. Terjadi perubahan signifikan tata guna lahan di DAS Temef periode 2018–2024, dengan penurunan semak belukar sebesar 15.247 ha dan peningkatan luas hutan sebesar 13.087 ha.
2. Perubahan lahan berdampak pada dinamika limpasan permukaan, dimana runoff tertinggi tahun 2024 mencapai 611,96 mm pada sub DAS 6.
3. Wilayah tengah–hilir DAS merupakan zona paling rentan terhadap limpasan tinggi disebabkan kombinasi kemiringan, jenis tanah, dan peningkatan area terbangun.
4. Model SWAT+ efektif memberikan gambaran spasial limpasan dan dapat digunakan sebagai dasar kebijakan pengelolaan DAS dan konservasi tanah-air di kawasan Bendungan Temef.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Kupang Tahun Anggaran 2025. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur dan Ketua P3M Politeknik Negeri Kupang atas dukungan biaya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmar, Musa A., Mallombassi A., 2022, Kajian Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Gilireng (DAS Gilireng). *Jurnal Konstruksi (JK-TIS)*. 2022 Ags; 1(8).
- Banun E. M., Pramulya M., Jumiati, 2022, Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Potensi Erosi Tanah Di DAS Sibau Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 2022 Jul; 10(2): 229 – 238.
- Belay T., Mengistu D. A., 2021, Impacts of land use/land cover and climate changes on soil erosion in Muga watershed, Upper Blue Nile basin (Abay), Ethiopia. *Ecological Process*. 2021 Nov; 10(68).
- Boer R., June T., 2021, Analisis Kesesuaian Iklim untuk Pengembangan Cendana (*Santalum album L.*) di Nusa Tenggara Timur. *Berita Biologi*, 2021 Ags; 5(5).
- Dewi N. L. T. C., Sulastri N. N., Arthawan I G. K. A., Ngadisih., 2024, Erosion Prediction and Soil and Water Conservation Scenario Using The SWAT Model. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2024 Mar; 13 (1): 260 – 268.
- Kementerian PUPR, 2015, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2015

Tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, Kementerian PUPR, Jakarta.

- Kementerian Pekerjaan Umum, 2020, Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 243/KPTS/M/2020 Tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Benanain, Kementerian pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mewded M., Abebe A., Tilahun S, Agide Z., 2021, Impact of land use and land cover change on the magnitude of surface runoff in the endorheic Hayk Lake basin, Ethiopia [Internet]. *SN Applied Sciences*. 2021 Jul; 3(742).
- Nuningsih R., Arsa I G.B. A, Nenotek P., 2021, Buku Ajar Budaya Lahan Kering Kepulauan Dan Pariwisata. CV. Media Sains Indonesia, Bandung.
- Nuri R., 1985, Geografi Budaya dalam Wilayah Pembangunan Nusa Tenggara Timur, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Sejarah dan Nilai Tradisional Proyek Inventarisasi dan Dokumentasi Kebudayaan Daerah, Jakarta.
- Nut N, et.all, 2021, Land Use and Land Cover Changes and Its Impact on Soil Erosion in Stung Sangkae Catchment of Cambodia. *Sustainability*. 2021 Ags; 13(16).
- Pemerintah Kabupaten TTS, 2012, Peraturan Daerah Kabupaten Timor Tengah Selatan, Nomor 10 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten TTS Tahun 2012-2032. Pemerintah Kabupaten TTS, SoE.
- swat.tamu.edu, 2025, SWAT+ Input/Output and Theoretical Documentation, Tersedia pada <https://swatplus.gitbook.io/io-docs>
- Serrão E. A. d. O., Silva M. T., Ferreira T. R., de Ataide L. C. P., dos Santos C. A., de Lima A. M. M., 2022, Impacts of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield determined using the SWAT model. *International Journal of Sediment Research*. 2022 Feb; 37(1): 54-69.
- Waikhoma S. I, Yadava V, Hazi Md, Azamathullab, Solanki N., 2023, Impact assessment of land use/land cover changes on surface runoff characteristics in the Shetrunji River Basin using the SWAT model. *Water Practice & Technology*. 2023 May; 18 (5): 1221–1232.