

SKRIPSI
ANALISIS DEBIT SUNGAI MENGGUNAKAN MODEL SWAT
(SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI BIANG LOE

Disusun dan Diajukan Oleh:

ANDI RATU GAU
M011 20 1113



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Debit Sungai Menggunakan Model SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Di Daerah Aliran Sungai Biang Loe

Disusun dan Diajukan Oleh:

ANDI RATU GAU

M011 20 1113

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Sarjana S-1 Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 23 Agustus 2024

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

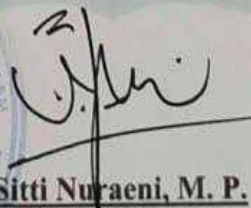


Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.S., IPU

NIP. 195401072019015001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M. P.

NIP. 19680410199512 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Ratu Gau

Nim : M011201113

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul :

“Analisis Debit Sungai Menggunakan Model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) di Daerah Aliran Sungai Biang Loe”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 23 Agustus 2024

Yang Menyatakan

The image shows a 10,000 Indonesian Rupiah revenue stamp (Meterai Tempel) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number 'PE392ALX368551301'. The signature is written in black ink over the stamp.

Andi Ratu Gau



Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRAK

Andi Ratu Gau (M01120113). Analisis Debit Sungai Menggunakan Model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) di Daerah Aliran Sungai Biang Loe

Debit aliran sungai merupakan salah satu parameter hidrologi yang sangat penting bagi pengelolaan sumber daya air. Volume debit air sungai mengalir persatuan waktu yang dihitung berdasarkan luas penampang dikali dengan tinggi air, besar ataupun kecilnya debit berpotensi mengganggu kestabilan kebutuhan air masyarakat. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan lokasi (pemanfaatan air) untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit terhadap faktor-faktor yang berpengaruh dan menganalisis koefisien rezim aliran (KRA) di DAS Biang Loe. Analisis debit dilakukan dengan menggunakan model SWAT, serta perhitungan koefisien rezim aliran (KRA) dilakukan setelah nilai debit maksimum dan minimum diketahui. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga April 2024 di DAS Biang Loe. Hasil penelitian ini diketahui bahwa pada sub DAS 5 memiliki nilai debit yang sangat tinggi dengan debit maksimum (Q_{max}) 25,02 dan debit minimum (Q_{min}) dengan nilai 0,007132, faktor yang berpengaruh terhadap debit di DAS Biang Loe yaitu curah hujan dengan klasifikasi menengah (100-300 mm/tahun) dan penutupan lahan didominasi oleh pertanian lahan kering campur seluas 1.736,45 ha. Hal ini menyebabkan nilai KRA dari ke 5 Sub DAS di DAS Biang Loe termasuk kedalam klasifikasi sangat tinggi karena memiliki kriteria $80 < KRA \leq 110$, dengan hasil KRA yang rendah berada pada Sub DAS 1 dengan nilai 1.422, KRA tertinggi berada pada sub DAS 5 dengan nilai 3.508.

Kata Kunci: Debit, SWAT, KRA, DAS Biang loe.



ABSTRACT

Andi Ratu Gau (M01120113). River Discharge Analysis Using the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Model in the Biang Loe Watershed

River discharge is one of the hydrological parameters that are very important for water resource management. The volume of river water discharge flows in unilateral time which is calculated based on the cross-sectional area multiplied by the height of the water, the size or size of the discharge has the potential to disrupt the stability of the community's water needs. Peak discharge (flood) is required to design flood control buildings. Meanwhile, small stream discharge is needed for location planning (water utilization) for various purposes, especially in the long dry season. This study aims to analyze the discharge of influencing factors and analyze the flow regime coefficient (KRA) in the Biang Loe watershed. Discharge analysis was carried out using the SWAT model, and the calculation of the flow regime coefficient (KRA) was carried out after the maximum and minimum discharge values were known. This research was conducted from February to April 2024 in the Biang Loe watershed. The results of this study are known that in sub watershed 5 has a very high discharge value with a maximum discharge (Q_{max}) of 25.02 and a minimum discharge (Q_{min}) with a value of 0.007132, factors that affect the discharge in the Biang Loe watershed, namely rainfall with an intermediate classification (100-300 mm/year) and land cover dominated by mixed dryland agriculture covering an area of 1,736.45 ha. This causes the KRA value from the 5 Sub Watersheds in the Biang Loe Watershed to be included in the very high classification because it has criteria of $80 < KRA \leq 110$, with low KRA results in Sub Watershed 1 with a value of 1,422, the highest KRA is in Sub Watershed 5 with a value of 3,508.

Keywords: Debit, SWAT, KRA, Biang loe watershed.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* atas rahmat, berkah serta izin-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisis Debit Sungai Menggunakan Model SWAT (*Soil and Water Assessment*) di Daerah Aliran Sungai Biang Loe**” guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Sarjana (S1) di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akan sangat sulit untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan tulus, saya ingin mengungkapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak dan Ibu tercinta, **Andi Syamsuddin H.P** dan **Andi Atika**. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan tanpa henti, serta doa-doa yang tak pernah putus agar saya selalu diberikan kesehatan dan kemudahan di setiap langkah hidup. Ucapan terima kasih juga kepada kakak tercinta **Andi Muh. Yusuf Mattata**, dan **Andi Muh. Iqbal Parojai** yang selalu memberikan dukungan dan kepercayaan kepada penulis agar mampu menyelesaikan skripsi.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, motivasi dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Dr.Ir. H. Usman Arsyad, M.S.** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu **Rizki Amalia, S.Hut., M.Hut** dan Bapak **Emban Ibnurusyid Mas'ud, S.Hut., M.P.** selaku dosen penguji terima kasih atas segala saran dan masukan untuk perbaikan serta pengembangan skripsi ini.
3. Terkhusus sahabat seperjuangan dari mahasiswa baru **Putri Dewitasari, Risnawati, Diana Ata Soge, Alia Ariyanti, Nur Annisa, Nafsiyatul Mutmainnah S.Hut, dan Sri Veni Akhmad S.Hut** yang sudah seperti udara, menjadi pendengar yang baik, tidak luput memberikan masukan, tukar pikiran, serta dukungan dan semangat selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.



4. Teruntuk **Nisa Nur Ramadhani, Hasdisyah, Agnes Meilani, Adelia Beatrich Sanggun, Novita Ramma** yang senantiasa memberikan bantuan, dorongan serta menyemangati penulis agar tetap berusaha semaksimal mungkin dalam melakukan penulisan ini.
5. Teman-Teman "PKL Penuh Masalah" **Nur Intan Janwar S.Hut, Indriani Ratu Rinding S.Hut, Eunike Christafilla Ruben S.Hut, Noviola Patrin Patanduk,** dan **Yolanda Eka Putri S.Hut** yang senantiasa memberikan semangat dan menghibur penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman penulis yang telah memberi bantuan serta dukungan selama penulis melakukan penelitian khususnya dalam hal pengambilan data lapangan yaitu **Nilam Cahyani Saharuddin S.Hut, Muh. Farhan Tridarma S.Hut, Muh. Syahrul Taufiq, Azhar Arsyad Ma'mur, dan Muh. Aidin Habib Khair.**
7. **Alif Fitrah** terima kasih telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, pikiran dan materi serta senantiasa memberikan semangat untuk terus menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk membantu bertukar pikiran, menghibur, menemani, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Terakhir terima kasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik mungkin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk pengembangan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan khususnya bagi penulis sendiri.

Makassar, 23 Agustus 2024



Andi Ratu Gau

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Aliran Sungai	3
2.2 Siklus Hidrologi	5
2.3 Curah Hujan	6
2.4 Jenis-Jenis Hujan.....	7
2.4.1 Hujan Konveksional (<i>Convective storms</i>)	7
2.4.2 Hujan Frontal (<i>Frontal/cyclonic storms</i>)	7
2.4.3 Hujan Orografik (<i>Orographic storms</i>)	8
2.5 Sungai	8
2.6 Debit Air	9
2.7 Koefisien Rezim Aliran (KRA)	10
2.8 SWAT (<i>Soil and Water Assessment Tool</i>)	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Lokasi Penelitian	14
Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan	15



3.3	Prosedur Penelitian	16
3.3.1	Delineasi Batas DAS.....	20
3.3.2	Interpretasi Citra	20
3.3.3	Validasi dan Uji Akurasi.....	21
3.3.4	Penyiapan Data Input SWAT.....	23
3.3.5	Pengelolaan Data Menggunakan Model SWAT	29
3.4	Analisis Data	30
IV.	KEADAAN UMUM	32
4.1	Letak Geografis dan Luas Wilayah	32
4.2	Kondisi Iklim.....	33
4.3	Penutupan Lahan	35
4.4	Kemiringan Lereng	37
4.5	Tanah	38
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
5.1	Analisis SWAT.....	41
5.1.1	Delineasi Batas DAS.....	41
5.1.2	HRU (<i>Hydrologic Response Unit</i>)	42
5.1.3	Input Data <i>Iklim</i>	43
5.1.4	Simulasi SWAT	43
5.2	Faktor-Faktor yang Memengaruhi Debit.....	45
5.2.1	Curah Hujan	45
5.2.2	Penutupan Lahan	46
5.2.3	Kemiringan Lereng.....	47
5.2.4	Tanah.....	48
5.3	Debit DAS Biang Loe	50
5.4	Koefisien Rezim Aliran	51
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	54
	Kesimpulan.....	54
	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	55
	DAFTAR LAMPIRAN	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Bentuk Daerah Aliran Sungai.....	4
Gambar 2.	Siklus Hidrologi.....	5
Gambar 3.	Peta Lokasi Penelitian.....	14
Gambar 4.	Bagan Alur Debit Sungai.....	16
Gambar 5.	Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah DAS Biang Loe.....	24
Gambar 6.	Segitiga Tekstur Tanah.....	26
Gambar 7.	Peta Batas Kecamatan DAS Biang Loe.....	32
Gambar 8.	Peta Curah Hujan DAS Biang Loe.....	34
Gambar 9.	Peta Penutupan Lahan DAS Biang Loe.....	36
Gambar 10.	Peta Kemiringan Lereng DAS Biang Loe.....	37
Gambar 11.	Peta Unit Lahan DAS Biang Loe.....	39
Gambar 12.	Peta Batas Sub DAS Biang Loe.....	41
Gambar 13.	Kondisi Hidrologi pada DAS Biang Loe.....	43
Gambar 14.	Perbandingan Nilai Debit Maksimum dan Minimum pada sub DAS Biang Loe.....	49
Gambar 15.	Diagram nilai KRA pada Sub DAS Biang Loe.....	51
Gambar 16.	Nilai KRA sub DAS Biang Loe.....	51



DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran	11
Tabel 2.	Confusion Matrix	22
Tabel 3.	Klasifikasi Penutupan Lahan SWAT	22
Tabel 4.	Kelompok Hidrologi Tanah Berdasarkan Kelas Tanah	25
Tabel 5.	Luas DAS Biang Loe Berdasarkan Administrasi Kecamatan.....	32
Tabel 6.	Data Curah Hujan Bulanan Stasiun 1-4 DAS Biang Loe.....	33
Tabel 7.	Confusion Matrix DAS Biang Loe.....	35
Tabel 8.	Klasifikasi iklim <i>Schmidt Ferguson</i>	36
Tabel 9.	Data Penutupan Lahan DAS Biang Loe.....	36
Tabel 10.	Klasifikasi Kemiringan Lereng DAS Biang Loe	37
Tabel 11.	Sebaran Luas Jenis Tanah di DAS Biang Loe	38
Tabel 12.	Luas dan Persentase Sub DAS pada Biang Loe	40
Tabel 13.	Luas dan Jumlah HRU Masing-Masing Sub DAS di DAS Biang Loe	42
Tabel 14.	Kondisi Hidrologi pada DAS Biang Loe	43
Tabel 15.	Penutupan Lahan Berdasarkan sub DAS Biang Loe.....	45
Tabel 16.	Kelas Kemiringan Lereng Berdasarkan Sub DAS Biang Loe	46
Tabel 17.	BD, Porositas, dan Tekstur Tanah pada DAS Biang Loe	47
Tabel 18.	Debit Maksimum dan Minimum Tahun 2023 pada Sub DAS Biang Loe	48
Tabel 19.	Koefisien Rezim Alliran di Sub DAS Biang Loe	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi Penutupan Lahan DAS Biang Loe	54
Lampiran 2.	Dokumentasi Sampel Tanah	56
Lampiran 3.	Dokumentasi Pengujian Sampel Tanah	57
Lampiran 4.	Debit Harian Tahun 2023 di DAS Biang Loe.....	58
Lampiran 5.	Karakteristik dan Sifat Kimia Tanah DAS Biang Loe	67
Lampiran 6.	Peta Lokasi Penelitian.....	71
Lampiran 7.	Peta Administrasi DAS Biang Loe	72
Lampiran 8.	Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah	73
Lampiran 9.	Peta Curah Hujan DAS Biang Loe	74
Lampiran 10.	Peta Penutupan Lahan DAS Biang Loe.....	75
Lampiran 11.	Peta Kemiringan Lereng DAS Biang Loe	76
Lampiran 12.	PetaUnit Lahan DAS Biang Loe.....	77
Lampiran 13.	Peta Nilai KRA DAS Biang Loe	78



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global menjadi salah satu bahan diskusi yang sangat menarik pada beberapa tahun terakhir karena dampaknya terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah semakin berkurangnya ketersediaan air pada musim kemarau. Gejala seperti ini terlihat pada hampir semua tempat di Indonesia termasuk Sulawesi selatan. Sulawesi selatan merupakan salah satu daerah provinsi yang relatif merasakan dampak perubahan iklim seperti banjir, longsor, aliran permukaan dan di Sulawesi sering ditemukan setiap tahun. Rasio debit maksimum dan minimum lajunya semakin meningkat dari tahun ke tahun menunjukkan semakin tidak stabilnya kondisi lingkungan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. Salah satu unsur yang sangat penting dan mempunyai dampak yang signifikan terhadap fluktuasi penyediaan sumber daya air adalah hujan. Hujan merupakan masukan utama dalam suatu sistem hidrologi Daerah Aliran Sungai melalui daerah tangkapan hujan (*cacthment area*) yang mengelilingi alur aliran sungai tersebut. Oleh karena itu dalam pengelolaan sumber daya air maka perhitungan masukan utama air melalui hujan merupakan hal yang penting, demikian juga pemahaman tentang karakteristik hujan baik sifat spasial (sebaran) maupun temporalnya (durasi, intensitas). Parameter hidrologi lain yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan pengelolaan sumberdaya air di dalam DAS adalah aliran. Dengan mempelajari karakteristik aliran dan curah hujan maka dapat membantu dalam pengelolaan DAS (Syarifullah, 2013).

DAS Biang Loe terletak di Kabupaten Bantaeng Provinsi Sulawesi Selatan dengan luasan 4.746,05 ha yang mencakup empat Kecamatan yakni Kecamatan a, Tompobulu, Pajukkang, dan Uluere. Menurut Analisis Kebencanaan abupaten Bantaeng (2019), tingginya curah hujan hujan yang mengguyur terus menerus didaerah hulu selama beberapa waktu belakangan



menyebabkan debit air Sungai Biang Loe di wilayah hilir ikut meluap dan kondisi banjir tidak dapat dihindari.

Intensitas hujan yang tinggi menjadi salah satu penyebab terjadinya debit sungai yang tinggi yang tinggi ini berdampak dalam terjadinya banjir. Oleh karena itu, penggunaan model sangat dibutuhkan untuk membantu memprediksi proses-proses yang terjadi di dalam suatu DAS. Salah satu model yang dapat digunakan dan telah banyak digunakan di Indonesia adalah *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Model SWAT dapat menganalisis aliran permukaan secara spasial sehingga daerah yang menghasilkan aliran permukaan terbesar akan diketahui dan lebih mudah untuk dilakukan penanganan lebih dini.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi debit sungai di DAS Biang Loe
2. Menganalisis nilai Koefisien Rezim Aliran (KRA) di DAS Biang Loe

Kegunaan dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan bahan masukan bagi instansi terkait yang berhubungan dengan program pengelolaan DAS Biang Loe.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah yang terletak di atas suatu titik pada suatu sungai yang oleh batas topografi mengalirkan air yang jatuh di atasnya ke dalam sungai yang sama dan melalui titik yang sama pada sungai tersebut. Salah satu unsur cuaca yang sangat penting dan mempunyai dampak yang signifikan terhadap fluktuasi penyediaan sumber daya air adalah hujan. Hujan merupakan masukan utama dalam suatu sistem hidrologi Daerah Aliran Sungai melalui daerah tangkapan hujan (*catchment area*) yang mengelilingi alur aliran sungai tersebut. Oleh karena itu dalam pengelolaan sumber daya air maka perhitungan masukan utama air melalui hujan merupakan hal yang penting, demikian juga pemahaman tentang karakteristik hujan baik sifat spasial (sebaran) maupun temporalnya (durasi, intensitas). Parameter hidrologi lain yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan pengelolaan sumberdaya air di dalam DAS adalah aliran. Dengan mempelajari karakteristik aliran dan curah hujan maka dapat membantu dalam pengelolaan DAS (Syaifullah, 2013).

Daerah Aliran Sungai (DAS) yang merupakan daerah tangkapan air menjadi salah satu bagian penting dalam mendukung ketersediaan air di suatu wilayah. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas di daratan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 37 2012). Sedangkan, Sub DAS adalah bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama (Peraturan Menteri Kehutanan RI No P.39/Menhut-II/2009, 2009).

pengelolaan DAS diartikan sebagai upaya manusia di dalam mengendalikan dan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan aktivitasnya sehingga terjadi keserasian ekosistem serta dapat meningkatkan manfaat bagi manusia (Departemen Kehutanan, 2014). Tujuan pengelolaan



DAS adalah untuk mewujudkan kondisi lingkungan yang baik sesuai dengan peruntukkan dan kemampuannya dari sumberdaya alam sehingga mampu memberikan manfaat secara maksimum dan berkesinambungan (Departemen Kehutanan, 2006).

Bentuk daerah aliran sungai terdiri dari beberapa maca, yaitu, bentuk bulu burung, radial, dan parallel (Asdak, 2010) sebagai berikut :

1. Bentuk Bulu Burung

Bentuk aliran dari anak sungai yang menyerupai ruas-ruas tulang dari bulu burung dan anak-anak sungai langsung mengalir ke sungai utama. Bentuk bulu burung ini jarang menimbulkan resiko banjir karena air yang mengalir dari anak sungai tidak bersamaan mengalir dan hingga sampai di sungai utama pada waktu yang berbeda.

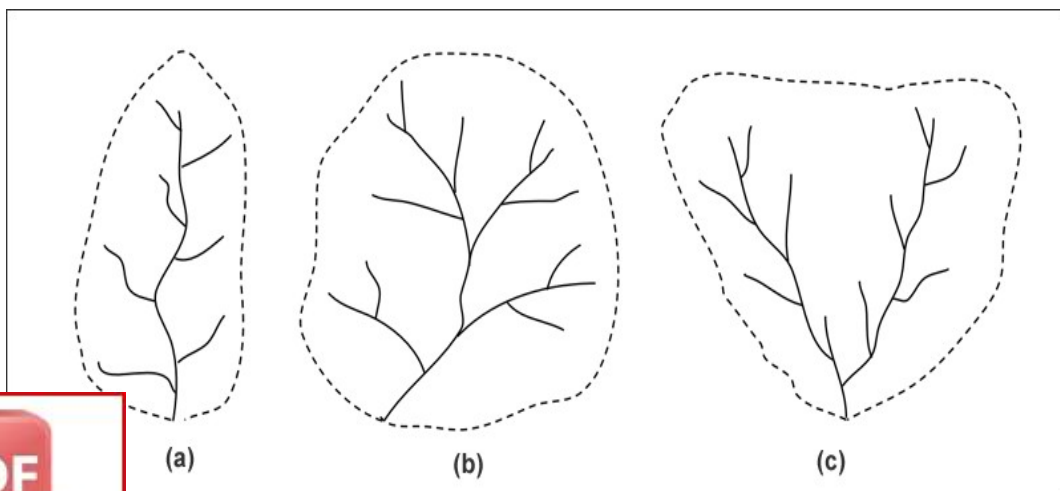
2. Bentuk Radial

Bentuk DAS yang wilayahnya berbentuk kipas atau lingkaran yang menyebar dan bertemu di titik-titik tertentu namun pada bentuk ini memiliki resiko banjir yang besar.

3. Bentuk Paralel

Daerah aliran sungai yang memiliki dua jalur sub DAS yang sejajar dan bergabung di bagian hilir. Bentuk paralel ini memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik hilir aliran sungai.

Bentuk Daerah Aliran Sungai sebagaimana yang telah jelaskan dapat dilihat pada Gambar 1.



1. Bentuk Daerah Aliran Sungai



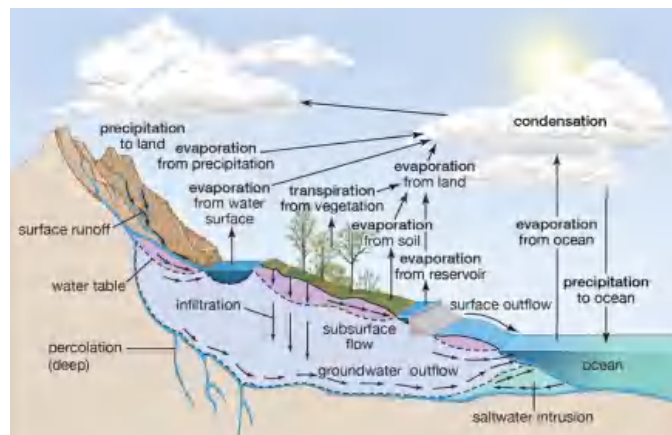
2.2 Siklus Hidrologi

Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah, namun air juga dapat mengalir di dalam tanah. Pada lingkungan alam, proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) mengikuti suatu siklus keseimbangan yang dikenal dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Air tersebut tertahan sementara di sungai, danau dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya (Salsabila dan Nugraheni, 2020).

Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. Penjelasan tahapan-tahapan siklus hidrologi sebagai berikut (Asdak, 2010) :

1. Evaporasi-transpirasi, yaitu proses terjadinya awan dari penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai dan di tanaman. Pada kondisi jenuh awan akan menjadi butir-butir air yang kemudian jatuh (*precipitation*) dalam bentuk hujan.
2. Infiltrasi/perkolasi, yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah
3. Aliran air permukaan/limpasan, yaitu proses pergerakan air di atas permukaan tanah menuju ke aliran utama (sungai) dan danau.

Tahapan siklus hidrologi sebagaimana yang telah dijelaskan dapat kita lihat pada Gambar 2.



2. Siklus Hidrologi

2.3 Curah Hujan

Curah hujan ialah faktor utama yang mengendalikan proses daur hidrologi di suatu DAS. Presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu perubahan bentuk dari uap air di atmosfer menjadi butir-butir air sebagai akibat proses kondensasi. Proses terjadinya hujan dimulai ketika udara jenuh dengan uap air akhirnya terkondensasi menjadi awan. Dalam kondisi tertentu, awan tersebut menyatu dan semakin membesar di atmosfer, dan turunlah sebagai hujan (Asdak, 2010). Menurut Perdirjen Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial (2013) mendefenisikan curah hujan yaitu ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir dan dinyatakan dalam satuan millimeter (mm). Hujan merupakan input air yang masuk dalam suatu DAS, oleh karena itu mengetahui besarnya curah hujan sangatlah penting.

Terbentuknya ekologi, geografi, dan tata guna lahan di suatu daerah sebagian besar ditentukan pada fungsi daur hidrologi dan demikian presipitasi merupakan kendala sekaligus kesempatan dalam usaha pengelolaan sumberdaya tanah dan air. Besarnya curah hujan yang jatuh diukur dengan menggunakan alat penakar curah hujan yang umumnya terdiri atas dua jenis yaitu alat penakar curah hujan otomatis dan alat penakar hujan tidak otomatis (Asdak, 2010).

Untuk melakukan pengukuran curah hujan, sekurang-kurangnya ada dua masalah dasar yang muncul, yaitu (Asdak, 2010) :

1. Bagaimana merancang suatu alat penakar curah hujan yang secara tepat dapat mengukur presipitasi untuk suatu daerah/tempat.
2. Bagaimana menentukan lokasi jaringan kerja alat penakar tersebut agar dapat mewakili daerah yang kita kehendaki.

Sistem jaringan kerja alat pengukur curah hujan diperlukan agar pemanfaatan data curah hujan dapat berjalan. Kebutuhan akan alat pengukur curah hujan di masing-masing wilayah tentunya akan berbeda-beda. Pada wilayah yang

penduduknya, sebaran posisi alat pengukuran akan lebih banyak dibutuhkan. dikarenakan wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi hkan informasi curah hujan yang lebih akurat dibandingkan dengan yang penduduknya sedikit. Semakin banyaknya alat-alat pengukur curah



hujan dalam 1 wilayah diharapkan dapat diketahui besarnya variasi curah hujan dan presipitasi rata-rata yang akan menunjukkan besarnya presipitasi yang terjadi di wilayah tersebut (Salsabila dan Nugraheni, 2020).

2.4 Jenis-Jenis Hujan

Menurut Asdak (2010), hujan juga dapat terjadi oleh pertemuan antara dua massa air, basah dan panas. Tiga tipe hujan yang umum dijumpai di daerah teropis dapat disebutkan sebagai berikut:

2.4.1 Hujan Konveksional (*Convectonal storms*)

Tipe hujan ini disebabkan oleh adanya beda panas yang diterima permukaan tanah dengan panas yang diterima oleh lapisan udara diatas permukaan tanah tersebut. Sumber utama panas di daerah tropis adalah berasal dari matahari. Beda panas ini biasanya terjadi pada akhir musim kering yang akan menyebabkan hujan dengan intensitas tinggi sebagai hasil proses kondensasi massa air basah pada ketinggian diatas 15 km. Mekanisme terjadinya hujan tipe konvektif secara singkat adalah sebagai berikut: ketika lapisan di atas permukaan tanah menjadi lebih panas dari pada lapisan udara di atasnya, maka berlangsunglah gerakan massa udara panas tersebut ke tempat yang lebih tinggi. Massa udara yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi tersebut pada saatnya akan terkondensasi. Pada proses ini terjadi pelepasan tenaga yang akan menyebabkan udara menjadi tambah panas, dan dengan demikian, mendorong udara panas tersebut bergerak lebih tinggi lagi sampai ketinggian tertentu dimana uap air panas tersebut membeku dan jatuh sebagai hujan oleh adanya gaya gravitasi. Tipe hujan konvektif biasanya dicirikan dengan intensitas yang tinggi, berlangsung relatif cepat, dan mencakup wilayah yang tidak terlalu luas. Tipe hujan konvektif inilah yang seringkali digunakan untuk membedakan dari tipe hujan yang seringkali digunakan untuk membedakan dari tipe hujan yang sering dijumpai di daerah beriklim sedang (tipe hujan frontal) dengan intensitas hujan lebih rendah.



Hujan Frontal (*Frontal/cyclonic storms*)

Tipe hujan yang umumnya disebabkan oleh bergulungnya dua massa udara berbeda suhu dan kelembapan. Pada tipe hujan ini, massa udara lembab yang

hangan dipaksa bergerak ke tempat yang lebih tinggi (suhu lebih rendah dengan kerapatan udara dingin lebih besar). Tergantung pada tipe hujan yang dihasilkannya, hujan frontal dapat dibedakan menjadi hujan frontal dingin dan hangat. Hujan frontal dingin biasanya mempunyai kemiringan permukaan frontal yang besar dan menyebabkan gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi lebih cepat sehingga bentuk hujan yang dihasilkan adalah hujan kebat dalam waktu yang singkat. Sebaliknya, pada hujan frontal hangat, kemiringan permukaan frontal tidak terlalu besar sehingga gerakan massa udara ke tempat yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan perlahan-lahan (proses pendinginan berlangsung bertahap). Tipe hujan yang dihasilkan adalah hujan yang tidak terlalu lebat dan berlangsung dalam waktu lebih lama (hujan dengan intensitas rendah). Hujan badai dan hujan monsoon (*monsoon*) adalah tipe hujan frontal yang lazim dijumpai.

2.4.3 Hujan Orografik (*Orographic storms*)

Jenis hujan yang umum terjadi di daerah pegunungan, yaitu ketika massa udara bergerak ke tempat yang lebih tinggi mengikuti bentang lahan pegunungan sampai saatnya terjadi proses kondensasi. Ketika massa udara melewati daerah bergunung, pada lereng dimana angin berhembus (*windward side*) terjadi hujan orografik. Sementara pada lereng dimana gerakan massa udara tidak atau kurang berarti (*leeward side*), udara yang turun akan mengalami pemanasan dengan sifat kering, dan daerah ini disebut daerah “bayangan” dan hujan yang terjadi disebut hujan di daerah “bayangan” (jumlah hujan lebih kecil daripada hujan yang terjadi di daerah *windward side*). Besarnya intensitas hujan orografik cenderung menjadi lebih besar dengan meningkatnya ketebalan lapisan udara lembab di atmosfer yang bergerak ke tempat yang lebih tinggi. Tipe hujan orografik dianggap sebagai pemasok air tanah, danau, bendungan dan sungai karena berlangsung di daerah hulu DAS.

2.5 Sungai

Sungai adalah bagian dari muka bumi, yang karena sifatnya, menjadi tempat mengalir. Sifat yang dimaksud, antara lain adalah, bahwa bagian muka bumi itu yang paling rendah, kalau dibandingkan dengan sekitarnya. Sungai mempunyai fungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah tertentu dan



mengalirkannya ke laut. Sungai itu dapat digunakan juga untuk berjenis-jenis aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan, dan lain-lain. Dalam pertanian sungai berfungsi sebagai sumber air yang penting untuk irigasi (Asdak, 2010).

Menurut Asdak (2010) ada beberapa istilah yang berkaitan dengan sungai :

1. Alur sungai adalah bagian dari muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir.
2. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah bagian dari muka bumi, yang airnya mengalir ke dalam sungai yang bersangkutan, apabila hujan jatuh. Sebuah pulau selamanya terbagi habis dalam daerah-daerah aliran sungai. Istilah asing untuk daerah aliran sungai adalah *drainage area* atau *river basin*. Tetapi akhir-akhir ini untuk *drainage area* atau daerah aliran sungai dipakai juga istilah *watershed*. Meskipun pada awalnya istilah *watershed* itu berarti hanya rangkaian punggung gunung, atau bagian-bagian yang tertinggi saja dari *drainage area* itu.
3. Hilir sungai adalah bagian alur sungai yang terdekat dengan muara sungai.
4. Hulu sungai adalah bagian alur sungai yang terdekat dengan titik tertinggi dari alur sungai.
5. Infiltrasi adalah air dari permukaan bumi masuk ke dalam tanah.
6. Mata air adalah titik dimana air tanah keluar sebagai aliran permukaan.
7. Muara sungai adalah titik, dimana air sungai mengalir ke laut, danau, atau sungai lain.
8. Perkolasi adalah aliran air di dalam tanah dari lapisan tanah yang lebih tinggi ke lapisan tanah yang lebih rendah.
9. Pinggir basah alur (*wet surface*) adalah bagian dari pinggiran alur sungai di bawah permukaan air.
10. Pinggir kering alur adalah bagian dari alur sungai di atas permukaan air

2.6 Debit Air

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Satuan debit yang digunakan meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran sungai dapat berasal dari beberapa sumber (Staddal dkk, 2016).



1. Aliran permukaan atas: Bagian aliran yang melintas di atas permukaan tanah menuju saluran sungai. Atau disebut aliran permukaan di atas lahan
2. Aliran permukaan bawah: Aliran permukaan ini merupakan sebagian dari aliran permukaan yang disebabkan oleh bagian presipitasi yang berinfiltrasi ke tanah permukaan dan bergerak secara lateral melalui horizon-horizon tanah bagian atas menuju sungai
3. Aliran permukaan langsung: Bagian aliran permukaan memasuki sungai secara langsung setelah curah hujan. Aliran ini sama dengan kehilangan presipitasi atau hujan efektif. Faktor-Faktor yang mempengaruhi debit aliran pada suatu DAS terdiri dari faktor meteorologi dan karakteristik suatu DAS.

Faktor-faktor meteorologi yang berpengaruh pada debit aliran sungai terutama adalah karakteristik hujan, yang meliputi (Staddal dkk, 2016):

1. Intensitas hujan. Pengaruh intensitas hujan terhadap aliran permukaan sangat tergantung pada laju infiltrasi, maka akan terjadi limpasan permukaan sejalan dengan peningkatan intensitas curah hujan, namun demikian, peningkatan limpasan permukaan tidak selalu sebanding dengan peningkatan intensitas hujan karena adanya penggenangan di permukaan tanah
2. Durasi hujan. Total aliran permukaan dari suatu hujan berkaitan langsung dengan durasi hujan dengan intensitas tertentu.
3. Distribusi curah hujan. Faktor ini mempengaruhi antara hujan dengan daerah pengaliran. Distribusi hujan yang merata di seluruh daerah aliran, intensitasnya akan berkurang apabila curah hujan sebagian saja dari daerah aliran.

2.7 Koefisien Rezim Aliran (KRA)

Koefisien Rezim Aliran (KRA) merupakan perbandingan antara debit harian rata-rata tahunan tertinggi (Q_{max}) dan debit andalan (Q_a). Nilai Koefisien Rezim Aliran (KRA) ini dapat menggambarkan kondisi kestabilan aliran sungai sepanjang tahun. Kegiatan sosial, ekonomi dan budaya masyarakat yang disebabkan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang membawa proses-proses

hidrologis maupun. Hal ini dari tingginya tuntutan atas sumber daya alam, dan hutan akibat pada perubahan kondisi tata air sebagai sistem alami menjadi tempat berlangsungnya di dalam daerah aliran sungai dan berdampak



signifikan terhadap kondisi DAS (Zhang dkk, 2008). Soplanit dkk (2012) menjelaskan fungsi tanah di DAS Hulu berjalan baik sebagai tempat menyimpan air ketika perbandingan debit maksimum dengan minimum kecil. Sebaliknya jika perbandingan debit maksimum yang memiliki jumlah terlampau tinggi dibanding jumlah debit minimumnya, sehingga menghasilkan nilai KRA yang tinggi. Hal tersebut menandakan adanya degradasi tanah di DAS hulu Brantas (Indriatmoko dan Wibowo, 2018).

Nilai KRA yang tinggi menunjukkan bahwa kisaran nilai limpasan pada musim penghujan (air banjir) yang terjadi besar, sedang pada musim kemarau aliran air yang terjadi sangat kecil atau menunjukkan kekeringan. Secara tidak langsung kondisi ini menunjukkan bahwa daya resap lahan di DAS kurang mampu menahan dan menyimpan air hujan yang jatuh dan air limpasannya banyak yang terus masuk ke sungai dan terbuang ke laut sehingga ketersediaan air di DAS saat musim kemarau sedikit (Dirjen RLPS, 2014).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.61/Menhut II/2014, Koefisien Rezim Aliran (KRA) merupakan parameter karakteristik Hidrologi DAS yang diperoleh dari perbandingan antara debit maksimum (Q_{maks}) dan debit minimum (Q_{min}) atau sering disingkat dengan parameter Q_{maks}/Q_{min} merupakan indikator besaran hidrologi untuk menyatakan apakah suatu DAS berfungsi sebagai prosesor yang baik atau tidak, yang dapat ditinjau dari sudut pandang nilai perbandingan itu.

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Rezim Aliran (Kementerian Kehutanan, 2014)

No	Daerah	Nilai	Kelas	Skor
1	Basah	$KRA \leq 20$	Sangat Rendah	0,5
		$20 < KRA \leq 50$	Rendah	0,75
		$50 < KRA \leq 80$	Sedang	1
		$80 < KRA \leq 110$	Tinggi	1,25
		$KRA > 110$	Sangat Tinggi	1,5
	Kering	$KRA \leq 5$	Sangat Rendah	0,5
		$5 < KRA \leq 10$	Rendah	0,75
		$10 < KRA \leq 15$	Sedang	1
		$15 < KRA \leq 20$	Tinggi	1,25
		$KRA > 20$	Sangat Tinggi	1,5



2.8 SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*)

SWAT adalah model yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 1990-an untuk pengembangan *Agricultural Research Service* (ARS) dari USDA. Model SWAT dikembangkan untuk memahami, memprediksi, dan mengontrol fenomena hidrologi DAS yang kompleks. Salah satu output model berupa pemahaman dan prediksi tata air di DAS, sehingga segala perencanaan yang akan dilakukan pada suatu DAS dapat memprediksi tata air DAS yang akan terjadi. Kemampuan prediksi kondisi tata air di masa datang dapat digunakan sebagai alat pengambil keputusan dalam pengelolaan DAS (Junaidi, 2015).

SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) merupakan model terdistribusi yang terhubung dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan mengintegrasikan *Spatial DSS (Decision Support System)*. Model SWAT dioperasikan pada interval waktu harian dan dirancang untuk memprediksi dampak jangka panjang dari praktek pengelolaan lahan terhadap sumber daya air, sedimen dan hasil *agrochemical* pada DAS besar dan kompleks dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan dan pengelolaan berbeda. SWAT memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Dengan demikian, diharapkan dengan penggunaan model SWAT dapat dikembangkan beberapa skenario guna menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik (Junaidi dan Tarigan, 2012).

Menurut D Sulaeman (2016), pemodelan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) dapat digunakan untuk menganalisis kualitas debit air sungai. SWAT adalah salah satu model yang digunakan untuk memahami dan memprediksi dinamika air di sungai dan kualitas air yang dihasilkan. Model ini menggunakan data yang dihasilkan dari pengamatan dan survei lapangan sebagai dasar untuk memprediksi perubahan kualitas air sungai. Model ini menggunakan algoritma simulasi untuk memprediksi konsentrasi bahan kimia, serta mengukur kualitas air

Model ini juga dapat memprediksi pengaruh manusia terhadap kualitas air
Model ini memberikan hasil yang sangat akurat ketika menganalisis kualitas
sungai. Hal ini disebabkan karena model ini menggabungkan metode



kuantitatif dan kualitatif dalam menganalisis kualitas air sungai. Dengan demikian, model ini telah digunakan secara luas dalam penelitian di seluruh dunia untuk menganalisis kualitas debit air sungai. Model ini juga merupakan alat yang berguna bagi para ahli untuk membuat keputusan yang tepat dan efektif.

Model SWAT mempunyai beberapa keunggulan yaitu dibangun berdasarkan proses yang terjadi dengan menghimpun informasi mengenai iklim, sifat tanah, topografi, tanaman dan pengelolaan lahan yang terdapat dalam DAS, mempunyai data input yang sudah tersedia, dapat dikerjakan secara efisien menggunakan komputer sehingga hemat waktu dan biaya dan memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dalam suatu DAS. Beberapa tahapan dalam penggunaan model SWAT yaitu delineasi DAS, analisis HRU (*Hidrology Response Unit*), input data iklim, membangun input data dan Run SWAT (Yustika dkk, 2012).

