

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sumber daya air dan mitigasi bencana hidrologi merupakan sebuah tantangan di seluruh dunia, terutama di wilayah dengan iklim tropis yang rentan terhadap variabilitas iklim dan perubahan tata guna lahan (Falkenmark & Rockström, 2013). Di Indonesia, Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan unit geografis utama dalam pengelolaan air. Akurasi dalam memprediksi debit aliran sungai berperan vital dalam perencanaan irigasi, penyediaan air bersih, maupun peringatan dini banjir. Model hidrologi yang mampu merepresentasikan proses transformasi hujan menjadi debit secara akurat dan dinamis diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut.

DAS merupakan suatu area yang dikelilingi oleh fitur-fitur geografi, di mana air yang ada di permukaan akan mengalir pada satu titik outlet, seperti danau, sungai, maupun laut. Sebagai suatu area yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air menuju suatu sistem perairan, DAS memiliki peran penting dalam siklus hidrologi, termasuk presipitasi, infiltrasi, perkolasi, evaporasi, aliran permukaan (*runoff*), dan aliran bawah permukaan. Hal tersebut menjadikan DAS sebagai suatu ekosistem yang kompleks, di mana melibatkan sistem fisik, sistem biologis, dan sistem manusia (Basthoni et al., 2020). Keseimbangan hidrologi suatu DAS dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk curah hujan yang diterimanya, jenis tanah, vegetasi, dan tata guna lahan.

DAS Ciwulan merupakan salah satu daerah aliran sungai di Provinsi Jawa Barat. Sungai Ciwulan menjadi salah satu penyokong utama sumber daya air di daerah Jawa Barat dengan hulu sungai berada di Gunung Karacak Kabupaten Garut, memiliki panjang 114 km dengan luas DAS 524 km². Sungai Ciwulan melintasi Kabupaten Garut, Kabupaten Tasikmalaya, dan Kota Tasikmalaya kemudian bermuara di laut selatan Samudera Hindia (Permana & Nawawi, 2022).

Studi simulasi hujan – debit sebelumnya di DAS Ciwulan telah dilakukan menggunakan model yang bersifat semi terdistribusi dengan perangkat lunak HEC-HMS, berfokus pada PDA Paledang. (Fathudin, 2025) menyebutkan perbandingan hasil model simulasi yang diperoleh terhadap debit terukur belum cukup

memuaskan. Meskipun kalibrasi *Curve Number* (CN) meningkatkan kinerja hingga kategori cukup, model tersebut masih kurang memadai untuk menangkap heterogenitas spasial tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lereng yang bervariasi di DAS Ciwulan.

Untuk mengatasi keterbatasan model sebelumnya dan merefleksikan variasi spasial di DAS Ciwulan, penelitian ini mengadopsi model Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Sebagai model hidrologi terdistribusi (Arnold, G et al., 2012), SWAT menawarkan solusi komprehensif yang mampu membuat simulasi berbagai proses hidrologi secara spasial dengan membagi DAS menjadi unit-unit tangkap hidrologi. SWAT sebagai salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dan pemodelan di bidang hidrologi, memiliki berbagai alat yang memungkinkan optimasi parameter-parameter hidrologi untuk peningkatan akurasi model debit sungai seperti SWAT Calibration and Uncertainty Programs (SWAT-CUP) (Ha T et al., 2017).

SWAT sebagai model yang komprehensif, dapat mensimulasikan interaksi proses, banyak parameter yang akan memengaruhi banyak proses. Dalam penerapan SWAT untuk pemodelan debit, akurasi pemodelan bergantung pada proses kalibrasi dan pemilihan optimasi parameter-parameter yang mengontrol siklus air. Parameter hidrologi dikalibrasi dalam sebagian besar penelitian, dengan nomor kurva limpasan (CN2), kapasitas ketersediaan air dalam tanah (SOL_AWC), faktor kompensasi evaporasi tanah (ESCO), dan waktu tunda limpasan permukaan (SURLAG) sebagai parameter yang secara rutin digunakan pada proses kalibrasi dalam studi DAS dengan SWAT (Arnold, G et al., 2012).

Penelitian ini mengusulkan optimasi pada parameter *Curve Number* atau lebih dikenal dengan kode CN2 pada model SWAT-CUP, serta *Soil Evaporation Compensation Factor* (ESCO). *Curve Number* yaitu suatu fungsi dari permeabilitas tanah, penggunaan lahan, dan kondisi air tanah sebelumnya (Neitsch, L et al., 2011). Parameter CN2 berperan dalam mengatur limpasan permukaan dan infiltrasi, sementara parameter ESCO berpengaruh terhadap proses evapotranspirasi tanah, keduanya sering kali menjadi fokus utama dalam proses kalibrasi karena sensitivitasnya terhadap debit aliran (Abbaspour, 2024). *Curve Number* merupakan

salah satu parameter berpengaruh terhadap volume limpasan permukaan. Parameter lain yang menjadi pertimbangan untuk dilakukan optimasi adalah *Soil Evaporation Compensation Factor*, mengingat lokasi penelitian berada di wilayah tropis dengan tingkat penguapan tinggi.

Perbedaan pendekatan antara SWAT dan HEC-HMS membuka peluang untuk penelitian lebih dalam, terutama dalam optimasi parameter hidrologi. Pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui hasil pemodelan mana yang dapat memberikan nilai optimal. Pemodelan debit sungai berbasis SWAT pada DAS Ciwulan menjadi relevan untuk memahami dinamika hidrologi yang terjadi serta mendukung perencanaan dan pengelolaan DAS yang lebih baik dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisik Daerah Aliran Sungai Ciwulan Hulu?
2. Bagaimana analisis debit aliran sungai pada Daerah Aliran Sungai Ciwulan menggunakan pemodelan Soil and Water Assessment Tool (SWAT) dan akurasi terhadap debit terukur di lapangan?
3. Bagaimana pengaruh optimasi parameter *Curve Number* (CN2) dan *Soil Evaporation Compensation Factor* (ESCO) terhadap tingkat akurasi debit simulasi menggunakan SWAT-CUP?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik fisik Daerah Aliran Sungai Ciwulan Hulu.
2. Menganalisis debit aliran sungai pada Daerah Aliran Sungai Ciwulan menggunakan pemodelan Soil and Water Assessment Tool (SWAT) dan membandingkan akurasi hasil pemodelan debit aliran sungai dengan debit terukur di lapangan.

3. Mengoptimasi parameter *Curve Number* (CN2) dan *Soil Evaporation Compensation Factor* (ESCO) untuk mengetahui pengaruh akurasi terhadap debit simulasi menggunakan SWAT-CUP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dalam bidang hidrologi, khususnya dalam pemodelan sungai yang terdistribusi dengan perangkat lunak Soil and Water Assessment Tool (SWAT) serta optimasi parameter hidrologi menggunakan SWAT-CUP.
2. Menjadi referensi untuk penelitian di masa depan apabila ingin mengembangkan metode optimasi dalam pemodelan hidrologi.
3. Membantu dalam perencanaan konservasi daerah aliran sungai dengan pendekatan berbasis pemodelan untuk mengurangi risiko banjir atau kekeringan.
4. Menyediakan informasi yang berdasarkan pada penelitian ilmiah bagi instansi terkait dalam menentukan strategi tata guna lahan yang lebih efektif, serta penyusunan kebijakan terkait pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang digunakan dalam skala harian berasal dari Pos Curah Hujan (PCH) yang berpengaruh terhadap area yang ditinjau, yaitu PCH Cisolok, PCH Gunung Satria, dan PCH Singaparna.
2. Data peta tutupan lahan yang digunakan berupa peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 dengan tingkat ketelitian geometri sebesar 25 meter.
3. Data karakteristik tanah yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan Peta Jenis Tanah terbitan Food and Agriculture Organization (FAO) skala 1:5.000.000 dengan resolusi spasial raster bawaan setara 5 *arc-minutes*. Diasumsikan bahwa data tersebut mewakili kondisi aktual di

wilayah penelitian, yang kemudian diselaraskan kodenya ke dalam basis standar model SWAT.

4. Data klimatologi yang digunakan diperoleh dari reanalisis ERA-5 Land yang dikelola oleh European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Data yang digunakan mencakup parameter suhu udara, kelembapan relatif, radiasi matahari, serta kecepatan angin untuk periode grid harian.
5. Optimasi model pada perangkat lunak SWAT-CUP 2012 dengan fitur algoritma SUFI-2 menggunakan parameter CN2 dan ESCO, parameter lain seperti ALPHA_BF tidak diperhitungkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. : PENDAHULUAN

Membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

2. : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi kajian teori yang mendukung penelitian, termasuk dasar teori maupun penelitian terdahulu dan rancangan penelitian yang akan digunakan.

3. : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metode penelitian yang digunakan, termasuk lokasi penelitian, jenis data, metode analisis, serta tahapan penelitian.

4. : ANALISIS DAN HASIL PEMBAHASAN

Menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dengan pembahasannya berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

5. : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat diberikan berdasarkan temuan dalam penelitian ini.