

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya esensial yang menunjang berbagai aktivitas kehidupan manusia, termasuk pemenuhan kebutuhan domestik, sektor pertanian, dan kegiatan industri. Namun demikian, fenomena perubahan iklim global yang ditandai oleh peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi serta pergeseran pola curah hujan telah memicu ketidakseimbangan dalam siklus hidrologi. Kondisi tersebut berkontribusi langsung terhadap meningkatnya ketidakpastian ketersediaan air andalan di permukaan, di mana fluktuasi debit aliran sungai menjadi semakin sensitif terhadap perubahan tren parameter klimatologi lokal (IPCC, 2022).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografis dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, yang berfungsi untuk menerima, menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan melalui sungai utama dan anak-anak sungainya secara alami ke suatu titik keluaran (misalnya danau atau laut). Batas wilayah DAS ditentukan oleh garis topografi yang memisahkan aliran air ke sungai satu dengan yang lain (Nurqutni dkk., 2024).

DAS Citanduy merupakan salah satu DAS prioritas di Jawa Barat yang memiliki peran krusial dalam mendukung ketahanan pangan dan penyediaan air baku bagi masyarakat di wilayah Tasikmalaya, Ciamis, hingga Cilacap. Bagian hulu DAS Citanduy berfungsi sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*) utama yang mengatur aliran menuju hilir. Beberapa studi di wilayah DAS Citanduy Hulu menunjukkan pola curah hujan dominan yang tinggi dan variasi hujan lebat yang signifikan, yang mencerminkan perubahan karakteristik cuaca serta kebutuhan kajian lebih lanjut terhadap dinamika hidrologi dan perubahan iklim di daerah tersebut (Irawan dkk., 2024).

Ketersediaan data klimatologi di wilayah DAS Citanduy Hulu belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk mengkaji tren perubahan iklim jangka panjang secara spesifik dan komprehensif. Analisis data historis selama 20 tahun terakhir menjadi sangat penting untuk membuktikan secara ilmiah keberadaan tren perubahan iklim serta menilai besarnya pengaruh terhadap fluktuasi ketersediaan

air, baik dalam kondisi surplus maupun defisit. Dalam hal ini, data satelit ERA5-Land dipandang relevan karena menyediakan data iklim global dengan resolusi spasial yang lebih halus dan resolusi temporal per jam, sehingga sangat mendukung analisis serta pemodelan hidrologi pada skala DAS (Muñoz-sabater dkk., 2021).

Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada analisis kejadian hidrologi ekstrem yang bersifat sesaat, seperti banjir (*flood event*), sementara kajian terkait prediksi ketersediaan air secara berkelanjutan pada skala harian dalam rentang waktu panjang masih relatif terbatas. Padahal, penggunaan data jangka panjang selama dua dekade diperlukan untuk mereduksi pengaruh anomali cuaca tahunan sehingga tren perubahan iklim yang sesungguhnya dapat teridentifikasi melalui uji statistik yang lebih kuat. Dataset aliran harian yang panjang dan berkesinambungan juga menjadi kunci untuk memahami variabilitas serta tren hidrologi, termasuk kejadian kekeringan dan banjir, yang sulit terdeteksi pada seri data yang lebih pendek (Ekolu dkk., 2022). Untuk menjawab tentangan keterbatasan tersebut, diperlukan sebuah alat analisis yang mampu mensimulasikan proses hidrologi secara kompleks dan berkelanjutan. Model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) dipilih karena kemampuannya dalam memodelkan dampak perubahan iklim dan tata guna lahan terhadap ketersediaan air di skala DAS dengan tingkat akurasi yang tinggi (Tarigan & Faqih, 2019).

Penggunaan model SWAT dalam penelitian ini didasarkan pada reputasinya sebagai model hidrologi serbaguna yang telah teruji secara global dalam mengevaluasi dinamika sumber daya air pada berbagai kondisi lingkungan dan penggunaan lahan. Pemilihan SWAT diperkuat oleh keunggulannya dalam menangani data masukan yang kompleks serta kemampuannya melakukan simulasi aliran sungai secara presisi dalam jangka waktu yang panjang. Untuk menjamin akurasi prediksi, penelitian ini mengintegrasikan prosedur pemodelan invers semi-otomatis melalui algoritma *Sequential Uncertainty Fitting* (SUFI-2) pada perangkat lunak SWAT-CUP, yang memungkinkan identifikasi parameter sensitif serta analisis ketidakpastian secara gabungan (Watershed dkk., 2025).

Melalui proses kalibrasi dan validasi yang ketat, ketidakpastian model dapat diminimalkan sehingga simulasi hidrologi yang dihasilkan menjadi lebih realistis dan representatif (Abbaspour dkk., 2007), dengan demikian, hasil prediksi

ketersediaan air yang diperoleh dapat dijadikan sebagai dasar pengambilan keputusan yang andal bagi pengelola sumber daya air dan pembuat kebijakan di wilayah DAS Citanduy Hulu.

Hasil akhir dari simulasi debit kontinu bulanan yang telah tervalidasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai basis utama dalam perhitungan nilai Debit Andal Q80 menggunakan Kurva Durasi Aliran (*Flow Duration Curve/FDC*) berdasarkan Persamaan Weibull. Nilai Q80 merupakan parameter teknis yang sangat vital dalam bidang teknik sipil keairan untuk menetapkan batas aman alokasi air andalan, khususnya bagi pemenuhan kebutuhan irigasi pertanian makro di wilayah hulu saat menghadapi periode debit rendah atau musim kemarau.

Berdasarkan urgensi nyata dari kondisi hidroklimatologi tersebut, penelitian dengan judul "PREDIKSI KETERSEDIAAN AIR DAS CITANDUY HULU DALAM KONDISI PERUBAHAN IKLIM" ini penting untuk dilaksanakan. Hasil kajian ini diharapkan mampu memberikan kepastian kuantitatif mengenai besaran debit andal sungai serta menyajikan bahan pertimbangan ilmiah yang valid bagi para pengelola sumber daya air dalam merumuskan strategi adaptasi perubahan iklim yang berkelanjutan di wilayah DAS Citanduy Hulu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik DAS Citanduy Hulu berdasarkan parameter tata guna lahan, jenis tanah, dan kelereng (*slope*) dalam pembentukan *Hydrologic Response Units* (HRU)?
2. Bagaimana tren perubahan parameter klimatologi, khususnya curah hujan dan suhu udara, di wilayah DAS Citanduy Hulu selama periode 20 tahun berdasarkan hasil uji statistik Mann–Kendall?
3. Bagaimana ketersediaan air andalan (Q80) berdasarkan debit sungai hasil simulasi model SWAT pada wilayah studi ditinjau dari aspek hidrologi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. karakteristik DAS Citanduy Hulu berdasarkan parameter tata guna lahan, jenis tanah, dan kelerengan (*slope*) untuk membentuk *Hydrologic Response Units* (HRU).
2. Menganalisis tren perubahan parameter klimatologi (curah hujan dan suhu) di wilayah DAS Citanduy Hulu selama periode 20 tahun menggunakan uji statistik (Uji Mann-Kendall).
3. Menganalisis ketersediaan air andalan (Q80) berdasarkan debit sungai hasil simulasi model SWAT pada wilayah studi ditinjau dari aspek hidrologi.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai pemodelan hidrologi di wilayah tropis, serta membuktikan efektivitas model SWAT dalam mendeteksi pengaruh anomali iklim jangka panjang terhadap dinamika ketersediaan air di skala DAS hulu. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan landasan saintifik bagi pengelola sumber daya air, bagi para pengambil kebijakan, khususnya BBWS Citanduy dan pemerintah daerah setempat, hasil pemetaan surplus serta defisit air selama dua dekade ini dapat menjadi instrumen evaluasi strategis dalam menyusun kebijakan adaptasi perubahan iklim, manajemen alokasi air irigasi yang lebih presisi, serta upaya konservasi lahan guna menjamin stabilitas ketersediaan air bagi masyarakat di masa depan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian ini tetap fokus dan selaras dengan tujuan yang hendak dicapai, beberapa batasan ruang lingkup ditetapkan sebagai berikut:

1. Analisis tren perubahan iklim (curah hujan dan suhu) dilakukan pada periode 2005–2024 menggunakan metode Mann-Kendall dan Sen's Slope.
2. Simulasi, kalibrasi, dan validasi model SWAT menggunakan data periode 2017–2023.
3. Data iklim yang digunakan sebagai basis input spasial model SWAT bersumber dari dataset reanalisis satelit ERA5-Land dengan resolusi spasial $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (± 11 km) dan resolusi temporal per jam (*hourly*) yang diakumulasikan ke skala harian.
4. Data jenis tanah untuk pembentukan HRU mengacu pada database FAO.

5. Data spasial tutupan lahan (*land cover*) yang digunakan untuk pembentukan HRU (*Hydrological Response Unit*) menggunakan Peta Tutupan Lahan Tahun 2024.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan yang diraikan sebagai berikut:

I : PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang teori dasar, penelitian terdahulu, serta metode perhitungan yang digunakan sebagai pedoman dalam analisis dan pembahasan masalah. Bagian ini juga mencakup konsep-konsep utama yang mendukung penelitian.

III : METODOLOGI PENELITIAN

Membahas tentang metode-metode yang dilakukan dalam penelitian mulai dari pengumpulan data dan beberapa analisis yang dibutuhkan untuk penelitian ini.

IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil-hasil perhitungan dan juga pembahasan mengenai masalah yang diteliti.

V : KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas hasil keluaran dari pembahasan yang menjadi tujuan dari penelitian sebagai jawaban atas rumusan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat daftar sumber yang dijadikan rujukan dalam penyusunan skripsi, meliputi buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian, serta berbagai referensi relevan lainnya yang sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.

LAMPIRAN

Memuat data pendukung, hasil perhitungan, tabel, gambar, maupun dokumen tambahan lainnya yang berkaitan dengan penelitian namun tidak dicantumkan pada bagian utama laporan.