

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah tangkapan air yang memegang peranan vital dalam mendukung ketersediaan air serta stabilitas ekosistem. Beragam perubahan yang terjadi di dalam DAS, baik yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan maupun variasi iklim, secara langsung berdampak pada pola aliran sungai, baik secara musiman maupun tahunan. Dengan demikian, setiap perubahan fisik yang terjadi di dalam DAS ini pada akhirnya akan berpengaruh langsung terhadap kondisi iklim lokal serta keseimbangan hidrologi yang menjadi dasar bagi aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat. Salah satu DAS di Indonesia terdapat di wilayah Jawa Barat, yaitu DAS Citanduy, yang memiliki fungsi strategis dalam penyediaan air, pengendalian banjir, dan pendukung aktivitas sosial ekonomi masyarakat.

Wilayah Sungai Citanduy secara administratif meliputi dua provinsi yaitu Jawa Barat dan Jawa Tengah dengan posisi geografis terletak pada 108° 04' sampai dengan 109° 30' Bujur Timur (BT) dan 7° 03' sampai dengan 7° 52' Lintang Selatan (LS). Dengan iklim yang dipengaruhi oleh dua musim yaitu kemarau dan penghujan dengan temperatur berkisar antara 24° - 31° Celcius dan curah hujan rata-rata 2.725 mm/tahun. WS Citanduy mempunyai luas 463.488 hektar dan terbagi menjadi dua bagian DAS yaitu DAS Citanduy dan DAS Segara Anakan. DAS Citanduy sendiri terbagi menjadi beberapa Sub DAS yaitu Sub DAS Citanduy Hulu, Cijolang, Ciseel, Cikawung, Cimuntur (Irawan dkk., 2020). Karakteristik spasial dan iklim yang beragam pada wilayah ini menjadikan analisis hidrologi semakin kompleks, terutama ketika dikaitkan dengan fenomena perubahan iklim yang sedang berlangsung.

Dampak utama perubahan iklim terhadap sistem hidrologi adalah melalui intensifikasi siklus hidrologi. Peningkatan suhu global memicu laju evaporasi dan transpirasi, namun pada saat yang sama meningkatkan kemampuan atmosfer menahan uap air, yang mengakibatkan perubahan pola dan intensitas curah hujan. Indikator perubahan iklim di Indonesia mencakup kenaikan suhu udara dan

peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem. Secara rata-rata, total curah hujan tahunan di Indonesia diprediksi meningkat sekitar 12%. Sehingga peristiwa perubahan iklim ekstrem memiliki efek yang lebih merusak terhadap manusia dan lingkungan yang dampaknya diperkirakan akan sama seperti pandemi (IPCC, 2015). Untuk memahami fenomena ini secara ilmiah dan terstruktur, diperlukan acuan kajian iklim global yang komprehensif.

Evaluasi perubahan iklim masa depan dilakukan melalui laporan IPCC, khususnya *Sixth Assessment Report* (AR6), yang menggunakan proyeksi dari *Global Climate Models* (GCM) dalam kerangka CMIP6. CMIP6 menyediakan proyeksi suhu dan curah hujan berdasarkan skenario emisi *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs), seperti SSP2-4.5 dan SSP5-8.5, hingga tahun 2050 dan 2100 (IPCC, 2021). Salah satu model yang banyak digunakan adalah CanESM5. Proyeksi iklim global tersebut perlu diturunkan ke skala lokal untuk menganalisis dampaknya terhadap karakteristik dan intensitas curah hujan pada tingkat DAS.

Intensitas hujan merupakan komponen penting dalam siklus hidrologi yang berpengaruh langsung terhadap aliran sungai dan kondisi ekosistem perairan. Perubahan pola hujan dapat menimbulkan berbagai dampak, terutama terhadap pengelolaan sumber daya air dan peningkatan risiko banjir (Fadila Pradesi dkk., 2023). Hasil observasi menunjukkan bahwa durasi hujan umumnya berkisar antara 2–9 jam, dengan intensitas tertinggi terjadi pada dua jam pertama kejadian hujan (Irawan, Setiawan, Hendra, dkk., 2024). Di sisi lain, peningkatan suhu udara meningkatkan penguapan dan cadangan uap air di atmosfer, yang dapat mengurangi ketersediaan air tanah terutama pada musim kemarau, sekaligus memicu kejadian hujan intens ketika kondisi atmosfer mendukung (Teguh & Fransiska, 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi tidak hanya aspek fisik hidrologi, tetapi juga keberlanjutan sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Untuk memperoleh gambaran iklim masa depan pada skala lokal, diperlukan penyesuaian data iklim global melalui metode statistical downscaling, salah satunya menggunakan *Statistical Downscaling Model* (SDSM). SDSM merupakan model statistik yang menghubungkan variabel atmosfer skala besar dari GCM dengan data

iklim lokal berbasis stasiun melalui hubungan empiris (Butar-butar dkk., 2019). Dalam proses kalibrasi, SDSM memanfaatkan data atmosfer historis dari NCEP/NCAR Reanalysis 1 sebagai prediktor karena menyediakan variabel utama seperti tekanan permukaan laut, suhu, kelembapan, dan angin dengan resolusi harian dan periode data yang panjang. Hubungan statistik yang terbentuk selanjutnya diaplikasikan pada proyeksi iklim GCM CMIP6 untuk menganalisis dampak perubahan iklim, khususnya pada sektor sumber daya air.

Selanjutnya, data iklim hasil *downscaling* digunakan sebagai input dalam pemodelan hidrologi untuk menilai respon DAS terhadap perubahan iklim dan penggunaan lahan. Pemodelan hidrologi berperan penting dalam menganalisis perubahan aliran permukaan, debit sungai, dan karakteristik hidrologi akibat dinamika tersebut. Di Indonesia, model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) banyak diterapkan untuk mensimulasikan dampak perubahan tutupan lahan terhadap komponen hidrologi seperti aliran permukaan, aliran dasar, dan debit sungai (Surahman dkk., 2017). Integrasi SDSM dan SWAT memungkinkan evaluasi respon hidrologi DAS Citanduy terhadap skenario iklim masa depan, sehingga hasil simulasi debit dan komponen aliran dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pengelolaan sumber daya air dan mitigasi risiko hidrologi.

Mengintegrasikan hasil *downscaling* dengan model SWAT, dimungkinkan merupakan Langkah metodologis yang esensial dan tak terhindarkan untuk mencapai akurasi ilmiah yang dibutuhkan. Input iklim yang dihasilkan oleh SD telah disesuaikan dengan kondisi lokal dan telah dikoreksi biasanya, sehingga data curah hujan dan suhu yang dimasukkan ke dalam SWAT lebih akurat dan dapat diandalkan. SWAT kemudian berfungsi sebagai media untuk menerjemahkan perubahan input iklim, seperti peningkatan curah hujan dan kenaikan suhu, ke dalam respons aliran, limpasan, erosi, dan ketersediaan air yang spesifik untuk setiap HRU di DAS Citanduy.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi karakteristik fisik dan parameter biofisik DAS Citanduy Hulu yang digunakan sebagai basis delineasi dan analisis hidrologi?
2. Bagaimana proyeksi perubahan iklim hingga tahun 2050 memengaruhi parameter iklim utama, yaitu curah hujan dan suhu, di wilayah DAS Citanduy Hulu setelah dilakukan koreksi bias menggunakan metode *Statistical Downscaling*?
3. Bagaimana respon hidrologi DAS Citanduy Hulu terhadap perubahan iklim yang diproyeksikan, khususnya terhadap variabilitas debit aliran, limpasan permukaan, dan ketersediaan air di DAS Citanduy Hulu pada skenario masa depan?
4. Bagaimana perubahan ketersediaan air DAS Citanduy Hulu pada periode historis dibandingkan dengan skenario iklim tahun 2050 berdasarkan hasil simulasi model SWAT yang menggunakan data iklim hasil *statistical downscaling*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan masalah ini berdasarkan rumusan masalah di atas yaitu:

1. Menganalisis karakteristik DAS Citanduy Hulu.
2. Menganalisis parameter iklim yaitu curah hujan dan suhu dengan satelit ERA5 di wilayah DAS Citanduy Hulu sampai tahun 2050.
3. Menganalisis potensi perubahan debit simulasi SWAT sebagai dampak dari perubahan curah hujan pada periode tahun 2025 hingga 2050 dan membandingkannya dengan periode historis tahun 2000-2024.
4. Menganalisis dampak perubahan iklim terhadap hidrologi DAS Citanduy Hulu, khususnya terhadap ketersediaan air di DAS Citanduy Hulu pada skenario masa depan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi perubahan pola hidrologi akibat perubahan iklim di wilayah DAS Citanduy Hulu. Dengan menggunakan model SWAT yang terintegrasi dengan metode *statistical downscaling*, penelitian ini mampu mensimulasikan skenario hidrologi masa depan berdasarkan proyeksi iklim yang lebih detail dan representatif. Hasilnya dapat dimanfaatkan untuk merumuskan strategi pengelolaan

sumber daya air yang adaptif dan berkelanjutan, termasuk mitigasi risiko banjir dan kekeringan, serta perencanaan infrastruktur yang lebih tangguh terhadap perubahan iklim.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, Batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dibatasi pada DAS Citanduy Hulu sesuai batas DAS yang digunakan dalam pemodelan, tanpa mempertimbangkan pengaruh hidrologi dari wilayah di luar DAS.
2. Suhu dianggap tetap dan langsung digunakan sebagai input iklim pada SWAT.
3. Proyeksi iklim masa depan dibatasi hingga tahun 2050, dengan menggunakan data keluaran GCM CMIP6 yang telah melalui proses *statistical downscaling* dan koreksi bias menggunakan SDSM.
4. Pemodelan hidrologi dilakukan menggunakan SWAT dengan fokus pada keluaran berupa ketersediaan air, sementara komponen hidrologi lain seperti kualitas air dan sedimen tidak dibahas secara rinci.
5. Perubahan penggunaan lahan yang digunakan dalam pemodelan diasumsikan konstan selama periode simulasi, sehingga dampak perubahan penggunaan lahan di masa depan tidak diperhitungkan.
6. Analisis hasil pemodelan difokuskan pada skala temporal bulanan, sehingga variasi hidrologi harian dan kejadian ekstrem jangka pendek tidak dianalisis secara detail.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang beberapa teori dasar maupun metode perhitungan yang digunakan sebagai pedoman dalam analisis dan pembahasan masalah.

BAB III : METODE PENELITIAN

Menjelaskan lokasi, metode yang digunakan dan langkah – langkah dalam penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil dan pembahasan dari hasil analisis penelitian yang telah dilakukan.

BAB V : PENUTUP