

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) mengalami fluktuasi musiman yang dipengaruhi secara masif oleh siklus hidrologi, variabilitas iklim, dan dinamika antropogenik penutup lahan (Asdak, 2023). DAS Bingei merupakan salah satu infrastruktur hidrologi alami utama yang melintasi wilayah Kabupaten Langkat dan Kota Binjai, dengan peran vital menyuplai kebutuhan air irigasi pertanian, industri, dan air baku domestik bagi PDAM Tirtasari Kota Binjai. Namun, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Sumatera Utara (2025), laju konversi lahan hutan menjadi perkebunan monokultur dan area terbangun di kawasan hulu DAS Bingei mencapai 2,4% per tahun.

Kondisi aliran rendah (*low flow*) pada periode kering memicu konsekuensi teknis serius karena membatasi ambang batas minimum (*critical threshold*) pasokan air yang aman diekstraksi (Indarto, 2019). Penurunan debit di bawah kapasitas andalan tidak hanya mengancam keberlangsungan ketahanan pangan sektor irigasi, tetapi juga memperburuk beban polutan sungai akibat anjaknya kemampuan pengenceran alami (*natural dilution capacity*) saluran (Wesli, 2019). Pemodelan hidrologi kontinu berbasis *Geographic Information System* (GIS) menggunakan *software* HEC-HMS dengan metode kehilangan *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN) dan metode transformasi *SCS Unit Hydrograph* menawarkan solusi matematis praktis untuk mensimulasikan debit aliran secara kronologis (Scharffenberg, 2019).

Beberapa penelitian pemodelan hidrologi di wilayah Sumatera Utara sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Pratama dkk. (2023) dan Sari & Wijaya (2022), lebih banyak berfokus pada analisis debit banjir dengan simulasi kejadian tunggal (*event-based simulation*), sehingga dinamika aliran pada periode kemarau belum banyak dibahas. Penelitian ini mencoba melengkapi hal tersebut dengan melakukan simulasi hidrologi kontinu jangka panjang menggunakan data curah hujan satelit GPM IMERG harian dan citra Landsat 8, disertai analisis kontribusi

aliran dasar (*baseflow*) menggunakan metode *Baseflow-Recession*, guna memperoleh gambaran potensi aliran rendah di DAS Bingei.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fisik DAS Bingei dan parameter hidrologi yang digunakan dalam pemodelan HEC-HMS?
2. Bagaimana estimasi ketersediaan air/debit aliran kontinu hasil simulasi HEC-HMS di DAS Bingei? dan berapa besar nilai debit andalan Q_{80} dan Q_{90} di DAS Bingei sebagai indikator potensi aliran rendah berdasarkan hasil simulasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis karakteristik fisik DAS Bingei serta mengidentifikasi parameter hidrologi yang digunakan dalam pemodelan HEC-HMS.
2. Menganalisis estimasi ketersediaan air dan debit aliran kontinu hasil simulasi pemodelan HEC-HMS di DAS Bingei dan menghitung besaran debit andalan tingkat keandalan Q_{80} (untuk alokasi irigasi), serta Q_{90} (untuk pasokan air baku) menggunakan metode *Flow Duration Curve* (FDC).

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ialah manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Menjadi bahan pertimbangan bagi BWS (Balai Wilayah Sungai) Sumatera II atau Dinas PUPR SDA dalam manajemen alokasi air irigasi dan air baku saat musim kemarau.
2. Memberikan literatur mengenai efektivitas penggunaan data satelit GPM dan Landsat 8 dalam pemodelan aliran rendah di wilayah Sumatera Utara.
3. Menambah pemahaman mendalam mengenai implementasi perangkat lunak HEC-HMS dalam memecahkan permasalahan kekeringan hidrologis secara

teknis air andalan dan indeks kekeringan hidrologis untuk mendukung manajemen sumber daya air.

4. Memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu teknik sipil bidang hidro, khususnya dalam pemanfaatan data satelit untuk wilayah minim data lapangan (*ungauged basin*).

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukannya ruang lingkup dan batasan penelitian agar penelitian ini terarah dan tidak menyebar yang dimana dengan tujuannya ingin dicapai. Adapun batasan – batasan nya adalah :

1. Lokasi penelitian difokuskan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bingei yang mencakup area administrasi Kota Binjai dan sebagian Kabupaten Langkat.
2. Data curah hujan harian satelit Global Precipitation Measurement (GPM) yang divalidasi.
3. Pengolahan data spasial (tata guna lahan dan deliniasi DAS) dilakukan menggunakan perangkat lunak **ArcGIS**.
4. Pemodelan hidrologi menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dengan menerapkan metode *Soil Conservation Service - Curve Number* (SCS-CN) untuk perhitungan kehilangan air (*loss*) dan *SCS Unit Hydrograph* (SCS UH).
5. Simulasi yang difokuskan pada penurunan debit selama musim kemarau untuk mengidentifikasi karakteristik aliran rendah.
6. Analisis ketersediaan potensi aliran rendah (*low flow*) dilakukan menggunakan metode *Flow Duration Curve* (FDC) untuk menghasilkan besaran debit andalan, dimana :
 1. Debit Andalan Q_{80} (80% tingkat keandalan): Diperuntukkan bagi pemenuhan kebutuhan air irigasi tanaman padi dengan tingkat risiko kegagalan sebesar 20%.
 2. Debit Andalan Q_{90} dan Q_{95} (90% dan 95% tingkat keandalan): Ditetapkan sebagai batas keandalan mutlak pasokan air baku domestik dan industri guna menjamin ketersediaan pasokan air yang aman sepanjang tahun.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan analisis sistematis dengan mengintegrasikan simulasi model hidrologi menggunakan perangkat lunak HEC-HMS. Tahapan awal dimulai dengan studi literatur untuk mendalami landasan teori mengenai perilaku aliran rendah (*low flow*) serta karakteristik hidrologi pada DAS Bingei. Data pendukung yang dikumpulkan meliputi data hidro-klimatologi berupa curah hujan harian, data spasial yang terdiri dari Digital Elevation Model (DEM), peta jenis tanah, dan citra Satelit Landsat 8.

Analisis diawali dengan proses deliniasi batas wilayah DAS menggunakan ArcGIS. Pembangunan model pada HEC-HMS dilakukan dengan mengoptimalkan metode SCS-CN dan SCS-UH. Pendekatan ini secara spesifik menganalisis karakteristik infiltrasi tanah bukan sebagai tujuan akhir, tapi sebagai parameter input untuk menentukan besaran aliran dasar (*baseflow*) yang menjadi penyumbang utama debit sungai saat curah hujan rendah.

Untuk tahapan akhir dari pemodelan ini adalah melakukan verifikasi terhadap hasil simulasi debit yang dihasilkan oleh perangkat lunak HEC-HMS. Mengingat keterbatasan data debit harian yang kontinu di lokasi penelitian, proses verifikasi dilakukan menggunakan metode *spot-check* dengan membandingkan hasil output model terhadap data pengukuran debit langsung (*direct discharge measurement*) yang dilaksanakan pada 01 Agustus 2024 di Sungai Bingei. Parameter hidrologi pada *Basin Model* disesuaikan sedemikian rupa agar menghasilkan nilai yang mendekati kondisi riil di lapangan. Setelah model dinyatakan representatif, dilakukan analisis lanjut menggunakan metode Kurva Durasi Aliran (*Flow Duration Curve* - FDC) untuk menentukan potensi ketersediaan air andalan Q_{80} dan Q_{90} guna pemenuhan kebutuhan air baku di wilayah studi.