

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Gerakan konstan air dan perubahan dalam keadaan fisik di planet ini disebut siklus air, juga dikenal sebagai sifat kincir air, atau siklus hidrologi. Kata Siklus menyiratkan bahwa air berasal dari satu sumber dan akhirnya kembali ke sumber itu. Air berasal dari lautan dan kembali ke lautan. Dalam perjalanan, air dapat berubah keadaan dari uap (gas), cairan (air), menjadi padat (es dan salju) dalam urutan apapun. Air di laut menguap dan menjadi uap air di atmosfer. Beberapa kelembaban ini di atmosfer jatuh sebagai hujan, yang kadang-kadang menguap sebelum dapat mencapai permukaan tanah. Air yang mencapai permukaan tanah oleh curah hujan, beberapa mungkin menguap di mana ia jatuh, beberapa mungkin menyusup tanah, dan beberapa mungkin lari darat menguap atau menyusup di tempat lain atau masuk ke sungai. air sungai dapat terakumulasi dalam danau dan waduk permukaan, menguap atau akan terjadi oleh vegetasi riparian, meresap ke bawah ke waduk air tanah, atau mengalir kembali ke laut, di mana siklus dimulai lagi. Sirkulasi alami dari siklus hidrologi dapat diubah dengan tindakan tidak terkait dengan penggunaan air langsung. Di antaranya adalah kegiatan cuaca modifikasi (yaitu, penyemaian awan), drainase rawa dan danau, *waterproofing* dari permukaan tanah oleh bangunan dan trotoar, dan perubahan besar dalam penutup lahan (yaitu, penghapusan hutan dan budidaya lahan pertanian tambahan) (*Hydrology Handbook of ASCE*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemahaman terhadap fenomena hidrologi yang terjadi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan DAS (Indarto, 2013).

Daerah Aliran Sungai (DAS) atau DTA (Daerah Tangkapan Air) merupakan unit hidrologi dasar. Jika dipandang sebagai suatu sistem yang mengalir yang dapat diterapkan pada suatu daerah aliran sungai, maka akan nampak struktur sistem dari daerah ini adalah Daerah Aliran Sungai yang merupakan lahan total dan permukaan air yang di batasi oleh suatu batas air, topografi dan dengan salah satu cara memberikan sumbangan terhadap debit

sungai pada suatu daerah. Hal ini sejalan dengan PP 04 tahun 2009 yang menyatakan bahwa daerah aliran sungai (DAS) dapat dipandang sebagai sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses-proses biofisik hidrologis maupun kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks. Proses-proses biofisik hidrologis DAS merupakan proses alami sebagai bagian dari suatu daur hidrologi atau yang dikenal sebagai siklus air. Sedang kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS, seperti pengembangan lahan kawasan budidaya. Hal ini tidak lepas dari semakin meningkatnya tuntutan atas sumberdaya alam (air, tanah, dan hutan) yang disebabkan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang membawa akibat pada perubahan kondisi tata air DAS.

Salah satu bagian penting pada sebuah DAS adalah karakteristik fisik dari DAS itu sendiri, hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Rahayu (2009) bahwa karakteristik fisik DAS merupakan variabel dasar yang menentukan proses hidrologi pada DAS, sedangkan karakteristik sosial ekonomi dan budaya masyarakat adalah variabel yang mempengaruhi percepatan perubahan kondisi hidrologi DAS. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik fisik DAS, dalam hal ini 'terrain' dan geomorfologi, pola pengaliran dan penyimpanan air sementara pada DAS, dapat membantu mengidentifikasi daerah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap terjadinya persoalan DAS, serta perancangan teknik-teknik pengendalian yang sesuai dengan kondisi setempat.

Dalam penelitiannya tentang karakteristik fisik DAS, Bambang (2006) menyatakan bahwa dengan mengetahui karakteristik fisik DAS diharapkan dapat memudahkan pengelola terkait dalam menyusun perencanaan pembangunan daerah setempat yang sesuai dengan karakteristik fisik DAS, sehingga dapat meminimalisir terjadinya bencana alam seperti tanah longsor, banjir bandang dan bencana geologis, misalnya gempa bumi.

B. Peran GIS dalam Analisis DAS

Secara harafiah, SIG dapat diartikan sebagai "suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan,

menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis” (Atie, 2003).

K.L. Verdin (1999) telah menyajikan sebuah sistem untuk deliniasi dan kodifikasi DAS bumi yang dipercaya unik dalam menentukan batas dan penerapannya secara global. Hal ini merupakan sebuah sistem alami yang mengidentifikasi kontrol topografi drainase dan topologi jaringan sungai. Sistem ini diusulkan sebagai kerangka spasial mendasar yang dapat digunakan untuk melakukan rekonsiliasi data dan informasi dari berbagai skala model sirkulasi global untuk proyek irigasi.

Fred L. et al. (2001) menyajikan aplikasi dan model yang dapat mengambil keuntungan dari distribusi data spasial dalam format Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk analisis DAS dan tujuan pemodelan hidrologi. Jurnal tersebut juga membahas isu-isu implementasi utama bagi individu dan organisasi yang akan mempertimbangkan untuk membuat transisi ke penggunaan GIS dalam bidang hidrologi. Meluasnya penggunaan modul GIS dan distribusi model DAS memiliki faktor-faktor pengendalian yang diantaranya adalah ketersediaan data, pengembangan modul GIS, penelitian mendasar pada penerapan distribusi model hidrologi, dan penetapan peraturan dari alat-alat baru dan metodologinya. Modul GIS dan distribusi model hidrologi akan memungkinkan perkembangan hidrologi dari bidang yang didominasi oleh teknik yang membutuhkan rata-rata spasial dan metode empirisme untuk ilmu spasial yang lebih deskriptif.

Manfaat yang paling sering dikaitkan dengan penggunaan GIS di DAS dan analisis hidrologi adalah meningkatkan akurasi, sulit diduplikasi, penyimpanan peta lebih mudah, lebih fleksibel, kemudahan berbagi data, ketepatan waktu, efisiensi yang lebih besar, dan kompleksitas produk yang lebih tinggi. Secara umum, sistem GIS telah dipuji karena memungkinkan masukan yang cepat, penyimpanan, dan manipulasi informasi geospasial. Namun, teknologi GIS tidak menyediakan fasilitas input, penyimpanan, dan manipulasi data dari variasi waktu dengan cara yang mudah.

C. Analisis Spasial ArcGIS Desktop dalam Pengelolaan DAS

Fred L. et al. (2001) mendiskusikan salah satu software pendukung dalam analisis DAS yaitu ARC/INFO GIS dari *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), Redlands, California. ARC/INFO GIS berisi sejumlah fungsi yang berguna untuk hidrologi yang sebagian besar merupakan pengolahan data geospasial dan mengkoordinasikan rutinitas konversi. Mayoritas fungsi-fungsi ini adalah software GRID pemodelan spasial. GRID adalah komponen dari ARC/INFO suite perangkat lunak. GRID adalah *toolbox geoprocessing* raster atau sel berbasis yang terintegrasi dengan ARC/INFO. Fungsi *flow direction* menciptakan grid baru berupa direksi aliran dari setiap sel ke sel yang disebelahnya berdasarkan kemiringan elevasi grid sebagai masukan. *Flow Accumulation* berfungsi menghitung jumlah daerah hulu atau aliran yang terhitung dari sel yang mengalir ke setiap sel. Fungsi *Watershed* adalah menggambarkan seluruh daerah hulu yang mengalir ke sel yang disediakan pengguna sebagai titik outlet. Fungsi dari *Slope*, *Aspect*, dan *Curvature* adalah menghitung kemiringan, azimuth, dan kelengkungan setiap sel. Perangkat lunak GRID mampu menemukan jalur aliran hulu atau hilir dari setiap sel dalam model elevasi digital (DEM) dan panjang jalan tersebut arus, menggambarkan jaringan sungai, dan memerintahkan jaringan sungai dengan kedua metode Strahler dan Shreve. Sebagian besar fungsi analisis GRID juga tersedia dalam Spatial Analyst ArcView, produk GIS Desktop dari ESRI. Kombinasi dari semua tool dan fungsi untuk pekerjaan hidrologi ditambah kerangka bahasa pemrograman pada setiap alat analisis disediakan oleh lingkungan GIS untuk kepentingan hidrologi.

Teknik analisis hidrologi berbasis GIS berada dalam berbagai tahap pembangunan dan mulai memasukkan praktek rekayasa hidrologi yang umum digunakan. Saat ini, teknik yang paling banyak digunakan adalah GIS untuk model tradisional seperti HEC-1 dan TR-20. Tidak ada keraguan bahwa dalam teknik hidrologi modeling masa depan akan semakin tergantung pada GIS dan modul geospasial dan model *interface* (Fred et al., 2001).

Dalam perencanaan DAS penggunaan fitur-fitur ArcGIS dan data DEM yang digunakan dapat mempengaruhi luas dan batas DAS itu sendiri. Hal ini

dikarenakan arah aliran dan akumulasi aliran sangat dipengaruhi tata letak punggung muka bumi yang divisualisasikan ArcGIS berdasarkan data DEM. Pengelolaan DAS dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SIG. Penggunaan perangkat lunak SIG, yaitu ArcMap dapat mempermudah dalam melakukan analisis DAS guna mendukung pengelolaan DAS terpadu seperti yang dimaksudkan ke dalam PP No 37 tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Namun pengetahuan tentang ArcGIS saja tidaklah cukup untuk dapat melakukan analisis DAS, pengguna harus terlebih dahulu mengetahui konsep dasar dari DAS, terutama dari segi fisik atau morfometrinya. Kesalahan dalam melakukan langkah-langkah analisis dengan fitur-fitur ArcGIS dapat mempengaruhi hasil analisis. Selain itu, pemilihan data yang baik akan sangat berpengaruh pada analisis. Data yang baik merupakan data yang memiliki ketelitian atau resolusi tinggi. Data DEM yang memiliki resolusi tinggi akan berpengaruh terhadap bentuk/relief muka bumi yang akan diproses (Beni, 2015).

D. Analisis Karakteristik DAS dengan Data DEM

Sesuai dengan fungsi data DEM yang memvisualisasikan relief bumi dalam bentuk 3D, maka fungsi tersebut dapat diterapkan dalam analisa karakteristik fisik atau morfologi yang penting dalam pengelolaan sebuah DAS. Kemudian Sulianto (2006) mengungkapkan pada penelitiannya yang tentang definisi numerik jaringan drainase dan daerah pengaliran sungai bahwa Penggunaan Model Elevasi Digital (*Digital Elevation Model*, DEM) memungkinkan untuk memunculkan informasi tentang morfologi permukaan tanah yang digunakan dalam prediksi hidrologi. Algoritma untuk mengekstrak struktur topografi dari elevasi digital dan implementasinya dalam berbagai paket Sistem Informasi Geografi (SIG) sebagai sistem pemrosesan raster telah banyak dikembangkan.

O' Callaghan dan Mark (1984) telah melakukan pendekatan dalam menentukan jaringan drainase dari data Digital Elevation Model (DEM) raster didasarkan pada simulasi aliran limpasan. Dimana secara esensial mencakup pengidentifikasian aliran limpasan kearah kemiringan paling curam antara

masing-masing sel DEM raster dan sel-sel tetangganya. Pendekatan ini lebih sederhana, dan langsung membangkitkan jaringan yang terhubung. Pendekatan ini dianggap sebagai pendekatan yang lebih baik karena mengandalkan analogi limpasan untuk menetapkan lintasan aliran.

Rahman (2011) menerapkan sebuah metode baru dalam menganalisis daerah rawan banjir, Metode Indeks Kebasahan TWI (*Topographic Wetness Index*) adalah metode untuk memodelkan zona rawan banjir dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM). Model data raster yang digunakan lebih sesuai untuk memodelkan zona rawan banjir, terutama dalam memahami pola aliran dari data topografis yang ada. Model ini menggunakan DEM yang diturunkan menjadi akumulasi aliran (*flow accumulation*), batas DAS (*Watershed*), arah aliran (*flow direction*) dan tipe/ordo sungai (*stream*), dengan menggunakan *Watershed Delineation Tools* (WDT) pada *Analyst Tools* program ArcGIS dapat dihitung zona banjir. Dengan menggunakan fasilitas *Spatial Analyst* data DEM juga dapat diturunkan peta lereng (*slope*) sebagai parameter masukan untuk menentukan TWI. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *Extention Math* pada software Arc.GIS 9.2.

Mesay Daniel (2005) telah melakukan penelitian tingkat akurasi data DEM (SRTM 3 Arc Second dan ASTER V002) terhadap *Triangulation Ground Control Point* pada wilayah studi Naivasha, Kenya. Penelitian ini kemudian merekomendasikan data DEM SRTM 3 Arc Second sebagai data yang lebih memiliki akurasi ketinggian disbanding ASTER V002. Namun ASTER V002 memiliki kubikasi yang lebih detail.

Ketersediaan *Digital Elevation Model* (DEM) dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dapat diekstraksi dengan menggunakan prosedur otomatis merupakan salah satu solusi yang efisien. Data DEM memiliki kegunaan untuk menentukan jaringan drainase dan batas DAS, sehingga dari data DEM didapatkan pemetaan jaringan sungai dengan menggunakan teknologi SIG. Pemetaan jaringan sungai pada DAS Progo dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik morfometri DAS.