

**DELINIASI DAS BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
DALAM RANGKA Mendukung PENGELOLAAN DAS TERPADU**
Studi Kasus : DAS Manjuto Provinsi Bengkulu-Indonesia

Gusta Gunawan

Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
Jl. W. R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp (0736)344087, Ext. 337

E-mail : gustagunawan@yahoo.com

Abstract

Improper management of land-use activities cause the disruption of bio-physical balance in the watershed, resulting in flooding, drought, sedimentation, etcetera. This led to many losses, both in economic and environmental. To reduce the impacts, implementation of integrated and sustainable watershed management is urgently required. This requires efficient and effective implementing agencies. They should have the similar perception regarding their respective authority in managing the watershed. To avoid conflict of interests among the agencies concerned, determining the boundaries and area of watershed based on bio-physical parameters is absolutely indispensable.

The purpose of the study is to delineate the boundary and determine the area of Manjuto watershed in Bengkulu Province, Indonesia. The 4-step procedure is applied, comprises DEM conditioning, flow routing, delineation of watershed boundary and determination of watershed area. Extensive calculations performed by considering the topography of the region. The test using transect lines elevation proved that the result is accurate and consistent with the theoretical definition. Afterward, the result is compared to the existing information. The result shows that Manjuto watershed area is 79,581 hectares or 7.4% smaller than the area defined by the Ministry of Public Work and 29.3% larger than the area defined by the Ministry of Forestry.

Keywords: *Watershed, Delineation, Digital elevation model, GIS-application.*

1. PENDAHULUAN

Aktivitas pembangunan telah menyebabkan terganggunya keseimbangan bio-fisik pada daerah aliran sungai (Salim, 2004), sehingga menimbulkan berbagai persoalan seperti erosi, sedimentasi, banjir, kekeringan, degradasi lahan dan lain-lain (Arsyad, 2000).

Melihat berbagai resiko dan kerugian yang terjadi akibat terganggunya keseimbangan Bio-fisik pada suatu DAS maka DAS perlu dikelola secara terintegrasi dan berkelanjutan (Salim, 2004; Ka'ban, 2006; Legono, 2007). Namun kendala yang dihadapi selama ini adalah belum tersedianya data yang akurat tentang suatu DAS (Anonim, 2003) terutama di luar pulau Jawa. Akibatnya masing-masing lembaga yang berwenang dalam pengelolaan suatu DAS mengalami kesulitan untuk melakukan koordinasi, integrasi, sinkronisasi dan sinergisitas atau disingkat dengan KISS (Ka'ban, 2006). Akibatnya jumlah DAS yang tergradasi dari tahun ke tahun terus meningkat, dari 22 DAS kritis pada tahun 1970 meningkat menjadi 62 DAS pada tahun 2004.

(Statistik Dephut RI, 2009; Infrastruktur Indonesia, p.68, Kompas, 2007).

Pengelolaan DAS terintegrasi dan berkelanjutan membutuhkan suatu institusi pelaksana kegiatan yang efisien dan efektif (Mitchell, et al, 2007). Untuk itu diperlukan prasyarat atau asumsi bahwa perlu kesamaan persepsi tentang wilayah kewenangan masing-masing lembaga dalam pengelolaan DAS. Penentuan batas dan luas DAS berdasarkan bio-fisik mutlak diperlukan untuk melakukan koordinasi baik internal institusi maupun lintas institusi, sehingga tidak terjadi konflik antar lembaga.

Karena DAS sangat luas, maka dalam penentuan batas DAS secara konvensional akan menimbulkan banyak kesulitan sehingga pemanfaatan teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis menjadi pilihan yang tepat (Bambang, 2009).

1.1. Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan deliniasi DAS dengan DEM menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk menentukan batas DAS serta luasnya dan menentukan pola

aliran pada DAS Manjuto, Provinsi Bengkulu, Indonesia.

1.2. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini akan digunakan untuk penelitian lanjutan (Disertasi) berupa penyusunan model pengelolaan DAS Manjuto yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan aspek bio-fisik dan sosial ekonomi. Diharapkan hasil dari penelitian ini bisa menjadi sumber informasi yang berharga bagi para pengambil kebijakan dan lembaga yang berwenang dalam mengelola DAS Manjuto dalam membuat keputusan terbaik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Model Pengelolaan DAS

Model pengelolaan DAS dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu model pengelolaan konvensional, dan model pengelolaan DAS berkelanjutan. Pada konsep pengelolaan DAS konvensional, aktivitas pembangunan dilakukan secara sektoral berdasarkan indikator keberlanjutan masing-masing aspek dengan tanpa mempertimbangkan dampak negatif yang muncul pada sektor lain. Hal ini sering terjadi dalam sistem pemerintahan otonomi terutama untuk mengejar PAD (Pendapatan Asli Daerah) dengan cara mengeksploitasi sumberdaya alam secara tidak terkendali dan tidak terencana dengan baik.

Menurut Graymore (2005), Hart (2006), dan Fatimah (2009), Konsep pembangunan tradisional atau konvensional memiliki berbagai kelemahan antara lain yaitu penyelesaian suatu masalah dapat menimbulkan masalah lain dan cenderung hanya bermanfaat untuk jangka pendek.

Pengelolaan DAS berdasarkan konsep pembangunan berkelanjutan didasarkan pada keseimbangan antara pembangunan ekonomi, sosial dan lingkungan. Dalam pengelolaan DAS diperkenalkan istilah "*one watershed, one plan, one system*" yaitu satu sungai - satu perencanaan - satu sistem pengelolaan yaitu sistem pengelolaan DAS terpadu.

Implementasi dari konsepsi *one watershed-one plan-one management* telah mulai dikenalkan semenjak tahun 1978 namun memerlukan kebijakan-kebijakan

husus yang dapat diterima oleh semua unsur yang berkepentingan dalam usaha pemanfaatan lahan DAS dan sungai. Masalah yang sering dijumpai adalah bahwa persepsi antara yang merencana dan yang mengelola sering berbeda dan sering terjadinya konflik kepentingan antar sektor sehingga sulit tercapainya keseimbangan antara ekonomi dengan lingkungan dan sosial.

Sulitnya mencapai keseimbangan antara ketiga pilar pembangunan berkelanjutan dalam pengelolaan DAS disebabkan karena pertumbuhan dan percepatan pembangunan ekonomi dan sosial tidak seimbang dengan percepatan pembangunan lingkungan. Kebutuhan manusia yang harus dipenuhi tidak ada batasnya, sementara ketersediaan sumberdaya alam dan lingkungan yang ada pada DAS memiliki kemampuan yang terbatas. Ketersediaan sumberdaya yang terbatas inilah yang perlu **maneaj** dalam pengelolaan DAS.

2.2. Model Pengelolaan DAS Terpadu

Pengelolaan DAS Terpadu pada dasarnya merupakan bentuk pengelolaan yang bersifat partisipatif dari berbagai pihak yang berkepentingan dalam memanfaatkan dan konservasi sumberdaya alam pada tingkat DAS. Pengelolaan partisipatif ini mempersyaratkan adanya rasa saling mempercayai, keterbukaan, rasa tanggung jawab, dan mempunyai rasa ketergantungan (*interdependency*) di antara sesama *stakeholders*. Demikian pula masing-masing *stakeholders* harus jelas kedudukan dan tanggung jawab yang harus dipertanggungjawabkan. Hal lain yang cukup penting dalam pengelolaan DAS terpadu adalah adanya distribusi pembiayaan dan keuntungan yang proporsional di antara pihak - pihak yang berkepentingan.

Pengelolaan DAS terpadu mengandung pengertian bahwa unsur-unsur atau aspek-aspek yang menyangkut kinerja DAS dapat dikelola dengan optimal sehingga terjadi sinergi positif yang akan meningkatkan kinerja DAS dalam menghasilkan output, sementara itu karakteristik yang saling bertentangan yang dapat melemahkan kinerja DAS dapat ditekan sehingga tidak merugikan kinerja DAS secara keseluruhan.

Menurut Boehmer, dkk (1997) Pengelolaan DAS secara terpadu merupakan suatu proses penyusunan dan penerapan suatu tindakan yang melibatkan sumberdaya alam dan manusia didalam DAS, dengan mempertimbangkan faktor-faktor sosial, politik, ekonomi, lingkungan dan institusi (kelembagaan) dalam DAS, untuk mencapai seluas mungkin mengembangkan lingkup dari tujuan masyarakat jangka pendek dan panjang.

2.3. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi atau *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi atau dengan kata lain suatu SIG adalah suatu sistem basis data dengan kemampuan khusus untuk menangani data yang bereferensi keruangan (spasial) bersamaan dengan seperangkat operasi kerja (Barus dan Wiradisastra, 2000). Sedangkan menurut Anon (2001) Sistem Informasi geografi adalah suatu sistem Informasi yang dapat memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*). Disamping itu, SIG juga dapat menggabungkan data, mengatur data dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.

Sistem Informasi Geografis dibagi menjadi dua kelompok yaitu sistem manual (analog), dan sistem otomatis (yang berbasis digital komputer). Perbedaan yang paling mendasar terletak pada cara pengelolaannya. Sistem Informasi manual biasanya menggabungkan beberapa data seperti peta, lembar transparansi untuk tumpang susun (*overlay*), foto udara, laporan statistik dan laporan survey lapangan. Kesemua data tersebut dikompilasi dan dianalisis secara manual dengan alat tanpa komputer. Sedangkan Sistem Informasi Geografis otomatis telah menggunakan komputer sebagai sistem pengolah data melalui proses digitasi. Sumber data digital dapat berupa citra satelit atau foto udara digital serta foto udara yang terdigitasi. Data lain dapat

berupa peta dasar terdigitasi (Nurshanti, 1995).

Pengertian GIS/SIG saat ini lebih sering diterapkan bagi teknologi informasi spasial atau geografi yang berorientasi pada penggunaan teknologi komputer. Dalam hubungannya dengan teknologi komputer, Arronoff (1989) dalam Anon (2003) mendefinisikan SIG sebagai sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), memanipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Sedangkan Burrough, 1986 mendefinisikan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai sistem berbasis komputer yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, mengelola, menganalisis dan mengaktifkan kembali data yang mempunyai referensi keruangan untuk berbagai tujuan yang berkaitan dengan pemetaan dan perencanaan. Komponen utama Sistem Informasi Geografis dapat dibagi kedalam 4 komponen utama yaitu: perangkat keras (*digitizer, scanner, Central Processing Unit* (CPU), *hard-disk*, dan lain-lain), perangkat lunak (*ArcView, Idrisi, ARC/INFO, ILWIS, MapInfo*, dan lain-lain), organisasi (manajemen) dan pemakai (*user*). Kombinasi yang benar antara keempat komponen utama ini akan menentukan kesuksesan suatu proyek pengembangan Sistem Informasi Geografis.

Aplikasi SIG dapat digunakan untuk berbagai kepentingan selama data yang diolah memiliki referensi geografi, maksudnya data tersebut terdiri dari fenomena atau objek yang dapat disajikan dalam bentuk fisik serta memiliki lokasi keruangan (Indrawati, 2002).

Tujuan pokok dari pemanfaatan Sistem Informasi Geografis adalah untuk mempermudah mendapatkan informasi yang telah diolah dan tersimpan sebagai atribut suatu lokasi atau obyek. Ciri utama data yang bisa dimanfaatkan dalam Sistem Informasi Geografis adalah data yang telah terikat dengan lokasi dan merupakan data dasar yang belum dispesifikasi (Dulbahri, 1993).

Data-data yang diolah dalam SIG pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut dalam bentuk digital, dengan demikian analisis yang dapat digunakan

adalah analisis spasial dan analisis atribut. Data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan yang umumnya berbentuk peta. Sedangkan data atribut merupakan data tabel yang berfungsi menjelaskan keberadaan berbagai objek sebagai data spasial.

Penyajian data spasial mempunyai tiga cara dasar yaitu dalam bentuk titik, bentuk garis dan bentuk area (*polygon*). Titik merupakan kenampakkan tunggal dari sepasang koordinat x,y yang menunjukkan lokasi suatu obyek berupa ketinggian, lokasi kota, lokasi pengambilan sample dan lain-lain. Garis merupakan sekumpulan titik-titik yang membentuk suatu kenampakkan memanjang seperti sungai, jalan, kontur dan lain-lain. Sedangkan area adalah kenampakkan yang dibatasi oleh suatu garis yang membentuk suatu ruang homogen, misalnya: batas daerah, batas penggunaan lahan, pulau dan lain sebagainya.

Struktur data spasial dibagi dua yaitu model data raster dan model data vektor. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat (*grid*)/sel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik, garis atau area (*polygon*) (Barus dan Wiradisatra, 2000).

Menurut prahasta (2001) terdapat dua jenis data yang dapat digunakan untuk memodelkan fenomena-fenomena yang terdapat di dunia nyata. Pertama adalah jenis data yang merepresentasikan aspek-aspek keruangan dari fenomena yang bersangkutan. Jenis data ini sering disebut sebagai data-data posisi, koordinat, ruang, atau spasial, sedangkan yang kedua adalah jenis data yang mempresentasikan aspek-aspek deskriptif dari fenomena yang memodelkannya. Aspek deskriptif ini mencakup items atau properties dari fenomena yang bersangkutan hingga dimensi waktunya. Jenis data ini sering disebut sebagai data atribut atau data non spasial. Jenis data mengenai keruangan ini banyak digunakan oleh sistem-sistem yang digunakan sebagai alat bantu sistem perancangan (*CAD-computer assisted cartography*) dan sistem kartografi yang

berbasiskan computer (*CAC – computer assisted cartography*).

Saat ini pekerjaan menganalisa dan menampilkan data bersifat spasial secara manual atau dengan mengandalkan kerajinan tangan terasa makin tidak efisien dan lambat seiring dengan kemajuan pesat SIG. Hal ini bukan hanya disebabkan oleh berkembang pesatnya teknologi computer yang menjadi tulang punggung SIG, tetapi terutama juga karena tuntutan kebutuhan informasi spasial baik untuk kehidupan sehari-hari manusia maupun untuk tujuan-tujuan khusus yang makin banyak dan kompleks.

Alat pemasukan data yang umum digunakan dalam SIG adalah *digitizer* dan *scanner*. Pemasukan data dengan *digitizer* biasanya menghasilkan data berbentuk *vector*, sedangkan *scanner* menghasilkan data yang berbentuk raster (prahasta, 2001). Struktur data dalam SIG terdiri dari dua yaitu struktur data *vector* dan *raster*. Penyimpanan data dalam bentuk *vector* berarti penyimpanan data dalam bentuk objek yang direkam dalam berbagai koodinat titik yang selanjutnya dibuat hubungan. Penyimpanan dalam bentuk raster berarti penyimpanan data dalam bentuk pixel.

Keunikan SIG jika dibandingkan dengan sistem pengolahan basis data yang lain adalah kemampuannya untuk menyajikan informasi spasial maupun non spasial secara bersama-sama. Sebagai contoh penggunaan lahan dapat disajikan dalam bentuk batas-batas yang masing-masing mempunyai atribut penjelasan dalam bentuk tulisan maupun angka. Informasi yang berlainan tema umumnya disajikan dalam layer informasi yang berbeda, sebagai contoh akan terdapat layer informasi jalan, ketinggian, bangunan dan sebagainya.

2.3.1. Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model atau DEM merupakan suatu model digital yang merepresentasikan permukaan topografi bumi kita dalam bentuk tiga dimensi. Salah satu contoh pemanfaatan DEM adalah untuk menurunkan jaringan sungai dan karakteristik DAS terkait dengan aplikasi hidrologi dan manajemen sumberdaya air. Untuk mendapatkan karakteristik DAS

(yang mencakup: topografi, geomorfologi, jaringan sungai).

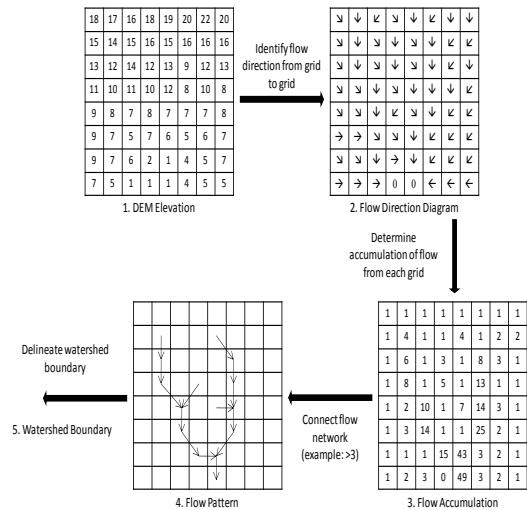
DEM sudah lama dikenal dan diaplikasikan di berbagai belahan dunia. Penelitian dan publikasi tentang DEM dapat dijumpai dalam: Beven and Kirkby (1979); Band (1986); Costa-Cabral and Burges(1994); Fairfield and Leymarie(1991); Garbrecht and Martz(1997); Grayson et al., (1992a,b); Jenson and Domingue (1988); Mark (1988); Mark et al., (1984); Montgomery and Dietrich, (1988, 1989); Moore and Grayson (1991); Quinn et. al.,(1991); Tarboton, D.G.,(1989,1997); Tarboton and Bras (1991); Turcotte et al., (2001); Wise (2000).

Sepanjang dasawarsa terakhir, penelitian dan aplikasi menunjukkan bahwa DEM telah memberikan hasil yang cukup signifikan dan dapat diterima secara ilmiah. Sehingga tidak dapat dipungkiri lagi perkembangan teknologi ini begitu pesat dan banyak dimanfaatkan orang untuk berbagai analisis keruangan. Saat ini DEM telah banyak dimanfaatkan untuk membantu analisis dalam berbagai bidang, seperti bidang: pertanian, erosi dan sedimentasi, kehutanan, manajemen sumber air dan pengelolaan DAS.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Batas DAS dan Pola Aliran

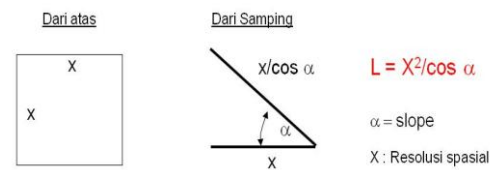
Langkah pertama dalam penelitian ini adalah merapatkan garis kontur DEM yang sudah ada dengan cara interpolasi, sehingga dihasilkan DEM untuk wilayah penelitian dengan kerapatan garis kontur 10 m. Untuk membuat batas-DAS digunakan metode algoritma *Flow-accumulation-jump analysis* setelah terlebih dahulu ditentukan titik outlet DAS secara manual. Algoritma ini bekerja dengan mencari pixel yang mengandung nilai akumulasi aliran air (*flow accumulation*) terbesar diantara ruas sungai dan saluran sungai di bawahnya. Langkah dalam pembentukan jaringan sungai adalah mengidentifikasi hulu-hulu anak sungai (*channel head*). Selanjutnya aliran dipetakan dari tiap ruas sungai di bagian hulu dan interkoneksi jaringan sungai direkam dengan metode penomoran orde sungai Horton/Strahler (Strahler,1967). Ilustrasi dari metode pembuatan Batas DAS dan pola aliran disajikan pada Gambar 1. berikut :



Gambar 1. Pembuatan batas DAS dan Pola Aliran DAS Manjuto denganDEM

3.2. Penentuan Luas DAS

Pada umumnya perhitungan luas dilakukan tanpa memperhitungkan kondisi topografi wilayah, dengan kata lain diasumsikan bahwa semua piksel dalam kondisi flat. Tapi kenyataannya permukaan bumi tidak flat dan mempunyai kondisi topografi yang bervariasi sehingga perlu dilakukan perhitungan luas dengan mempertimbangkan topografi wilayah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung setiap piksel diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perhitungan penampang piksel memperhatikan topografi wilayah

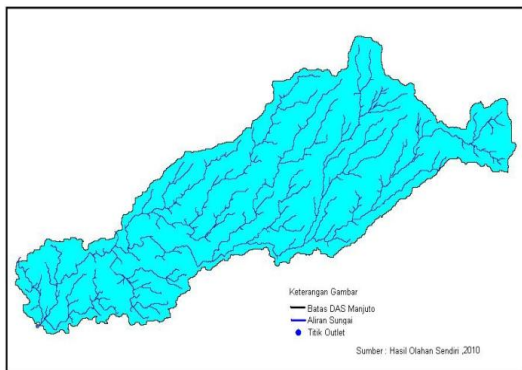
Tahapan yang dilakukan untuk menghitung luas piksel adalah dengan melakukan penurunan informasi slope dari data DEM untuk setiap piksel, kemudian menentukan resolusi spasial piksel dan memasukkan dalam persamaan pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Batas DAS dan Pola Aliran

Input dari penelitian ini adalah DEM *Shuttle Radar Topography Mission*

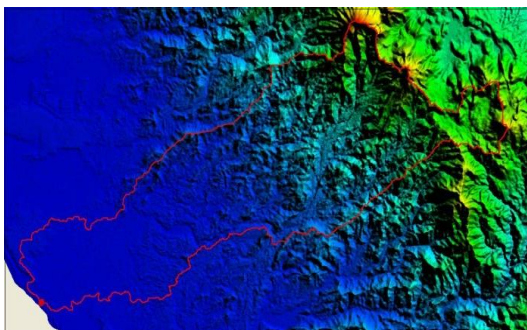
(SRTM) resolusi spasial 90 m yang telah diinterpolasi menjadi 10 m. Hasil proses pengolahan dan pemetaan dari batas DAS dan pola aliran sungai Manjuto diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Batas DAS dan Pola Aliran Sungai Manjuto.

Garis warna hitam menunjukkan batas DAS Manjuto dan garis biru menunjukan Pola aliran sungai di DAS Manjuto dengan berbagai anak sungai yang ada. Pada pola aliran, cabang-cabang aliran (orde 1) akan bergabung menjadi aliran yang lebih besar (orde 2) dan seterusnya, sehingga membentuk aliran utama (orde tertinggi). Dari gambar terlihat bahwa aliran utama tersebut berhimpit (tumpang tindih) dengan aliran sungai Manjuto, yang berarti pola aliran yang dibuat cukup akurat.

Pengujian terhadap batas DAS dilakukan dengan melakukan tumpang tindih antara batas DAS Manjuto dengan tampilan 3D topografi seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

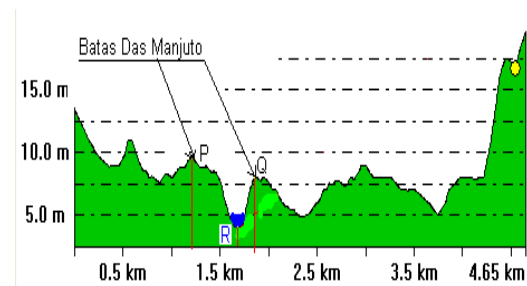


Sumber : Hasil Olahan sendiri, 2010

Gambar 4. Batas DAS Manjuto dengan tampilan 3D topografi/DEM

Dari gambar terlihat dengan jelas bahwa pada wilayah bertopografi tinggi,

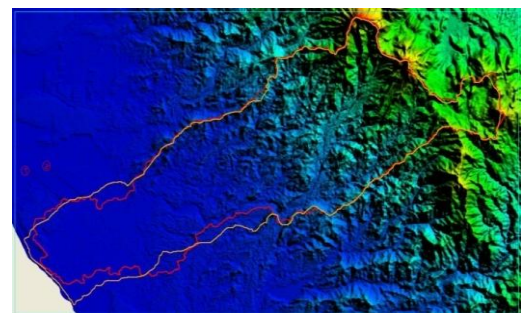
garis batas tersebut melalui punggung gunung (igir-igir) sesuai dengan definisi DAS yang dikemukakan Asdak (2007). Pengujian juga dilakukan dengan melakukan penarikan garis transek ketinggian terhadap batas DAS seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Garis Transek Batas DAS di Titik Outlet

Dari distribusi ketinggian tersebut dapat diketahui bahwa ketinggian pada garis batas DAS yang dibuat mempunyai nilai tertinggi dibandingkan ketinggian daerah lain sepanjang garis transek. Sehingga air hujan yang jatuh pada daerah di dalam garis batas akan mengalir ke dalam DAS sedangkan yang jatuh pada daerah di luar garis batas akan mengalir ke luar DAS. Ini berarti bahwa batas DAS yang dibentuk mempunyai tingkat akurasi yang baik.

Untuk membandingkan antara batas DAS hasil penelitian dengan batas DAS eksisting maka dilakukan *overlay* kedua peta tersebut, seperti yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Delinasi DAS Manjuto dan Wilayah Kerja BWS VII

Pada Gambar 6. garis 1 yang berwarna merah merupakan hasil delinasi dari batas DAS Manjuto hasil penelitian sedangkan garis 2 berwarna orange adalah batas DAS Manjuto eksisting, yang

merupakan wilayah administrative BWS VII Departemen Pekerjaan Umum, Provinsi Bengkulu.

Dari gambar terlihat bahwa batas DAS hasil penelitian sedikit berbeda dengan wilayah kerja BWS VII terutama pada bagian hilir. Hal ini disebabkan karena perbedaan dalam penentuan posisi titik outlet dan kualitas DEM yang menjadi input model. Kualitas DEM sangat menentukan output model, sedangkan faktor yang mempengaruhi kualitas DEM adalah kerapatan garis kontur, semakin rapat interval kontur yang dimasukkan, makin baik kualitas DEM yang dihasilkan. Sedangkan kualitas output pemodelan hidrologi dalam penentuan batas DAS dipengaruhi oleh *flat area* dan cekungan-cekungan (*sink atau pits*) yang ada pada DEM. Cekungan yang ada biasanya merepresentasikan suatu danau, lembah, keberadaan sungai. Namun bisa juga terdapat *flat-area* yang melambatkan wilayah datar. Meskipun hal ini sebenarnya adalah representasi nyata dari keadaan yang ada di alam, tetapi kurang menguntungkan untuk pemodelan hidrologi. Adanya *flat-area* dan cekungan menyebabkan algoritma untuk penelusuran aliran (*flow routing*) macet. Pixel-pixel pada *flat area* (cekungan) dan semua pixel yang mengalir ke lokasi tersebut akan tertahan dan tidak terakumulasi ke outlet sub-DAS, menyebabkan drainase internal di dalam DAS. Hal ini akan menyebabkan penurunan batas dan luas sub-das tidak sempurna, mengandung lubang (*hole*) dan perhitungan geo-stastistik juga tidak sempurna.

4.2. Luas DAS

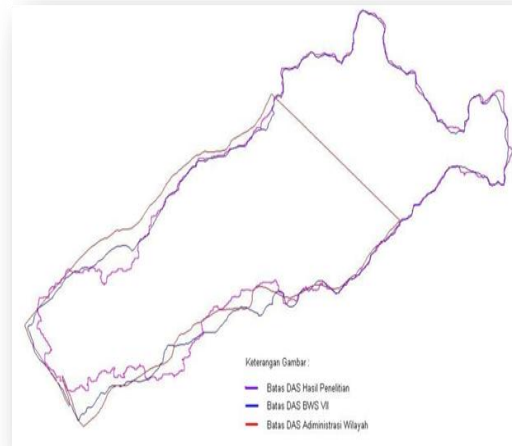
Luas DAS Manjuto hasil penelitian bersumber dari olahan DEM Bengkulu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas DAS Manjuto Dari Berbagai Sumber

No.	Sumber	Luas (ha)	Sumber
1.	BWS VII	85.469	Dinas PU, Prov Bkl, 2008
2.	Hasil Penelitian	79.581	Olah sendiri

3.	Batas Administrasi Kehutanan	56.250	Andal PT. Agromuko, 2005
----	------------------------------	--------	--------------------------

Luas DAS hasil penelitian (79.581 ha) lebih kecil dari yang ditetapkan oleh BWS VII (85.469 ha) dan lebih luas dari yang ditetapkan oleh Dinas Kehutanan (56.250 ha). Wilayah masing-masing DAS disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Wilayah DAS Manjuto menurut Berbagai Sumber

Perbedaan dalam penentuan luas DAS Manjuto disebabkan oleh sumber data, cara pengolahan data dan pertimbangan administrasi. Penetapan batas DAS yang dilakukan oleh dinas kehutanan saat itu belum memanfaatkan DEM dan SIG. Selain itu, dinas kehutanan beranggapan bahwa bagian hulu dari DAS Manjuto merupakan wilayah Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. Sehingga untuk wilayah Provinsi Bengkulu batas dan luas DAS Manjuto hanya 56.250 ha dan sisanya merupakan wilayah Jambi.

Untuk mengelola DAS yang berada pada dua wilayah administrasi yang berbeda akan menimbulkan persoalan tersendiri. Untuk menjaga kelestarian DAS, sudah semestinya batas dan luas DAS ditetapkan berdasarkan pertimbangan hidrologi dan ekologi DAS.

5. KESIMPULAN

Salah satu langkah terpenting dalam menyusun model pengelolaan DAS adalah menentukan karakteristik DAS, karena DAS bersifat spesifik dan meliputi wilayah

yang relatif luas sehingga dalam penentuan karakteristik masing-masing DAS diperlukan suatu metode yang memiliki akurasi yang tinggi, mudah untuk digunakan, dan biaya yang terjangkau. Berbagai keunggulan yang dimiliki oleh DEM dan SIG bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk digunakan. Namun, untuk memperoleh batas dan luas DAS yang akurat, DEM yang ada perlu ditingkatkan kualitasnya sesuai dengan karakteristik wilayah DAS masing-masing. Untuk menjaga kelestarian DAS, batas dan luas DAS ditetapkan berdasarkan pertimbangan hidrologi dan ekologi DAS.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim., 1997. Ringkasan Agenda 21 Indonesia : Strategi Nasional Untuk Pembangunan Berkelanjutan. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta. 300 Hal.
2. Anonim., 1997. WMS: *Watershed Modeling System Reference Manual, Version 5.0. Brigham Young University Engineering Computer Graphics Laboratory, Provo, UT.* (chl.wes.army.mil/software/wms/docs.htm)
3. Anonim., 2003. Departemen Kehutanan, Pedoman Teknis Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Terpadu. <http://www.dephut.go.id/informasi/undang2/skmenhut/>.
4. Anonim., 2005. BPS Bengkulu, Bengkulu Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu, Bengkulu.
5. Arsyad, S., 2000. Konservasi Tanah dan Air, Serial Pustaka, IPB Press , Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Agroklimat dan Hidrologi (BP2SAH) dan Bagian Proyek Pembinaan Perencanaan Sumber Air Ciliwung - Cisadane , 2004. Laporan Akhir Pengembangan Teknologi Dam Parit untuk Penanggulangan Banjir dan Kekeringan. Balai Agroklimat dan Hidrologi Bogor.
6. Asdak., 2004/1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
7. Dabney, S. M., K. C. McGregor, L. D. Meyer, E. H. Grissinger, and G. R. Foster. 1993. Vegetative barriers for runoff and sediment control. In *Integrated Resource Management and Landscape Modification for Environmental Protection*, 60- 70. J. K.
8. Fakhruddin, M., 2003. Kajian Respon Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Ciliwung, Bahan Seminar Program Pascasarjana IPB, Bogor
9. Indarto, et al. 2008. Pembuatan Jaringan Sungai dan Karakteristik Topografi DAS dari DEM Jatim, Media Teknik Sipil, Surabaya.
10. Jones, R. 2002, "Algorithms for using a DEM for mapping catchment areas of stream sediment samples", *Computers & Geosciences*, vol. 28, no. 9, pp. 1051-1060
11. Lins, H., and D. Frevert. 1998. "*The Watershed and River Systems Management Model – An Overview.*" Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, NV, pp. 5-101 to 5-104.
12. Maharani, H. 2007. 3D Analyst : *Determining Watershed in Lombok Island used Arc View 3.3.* Insitutut Pertanian Bogor, Bogor.
13. Maidment, D. R. 1999. *GIS and hydrologic modeling. in Environmental Modeling with GIS*, Goodchild, M. F., B. O. Parks, and L. T. Steyaert (ed.) Oxford University Press, NewYork.
14. McCuen, R. H., and W. M. Snyder. 1986. *Hydrologic Modeling: Statistical Methods and Applications.* Englewood Cliffs, N.J.:Prentice Hall.
15. Mitchell, B., B. Setiawan dan D.H. Rahmi. 2007. Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan. Gadjah Mada Universty Press, Yogyakarta.
16. Montgomery, D. R. and W. E. Dietrich, 1988, "Where do channels begin," *Nature*, 336: 232-234.
17. Nash, J. E., and J. E. Sutcliffe. 1970. *River flow forecasting through conceptual model. J. Hydrol.* 10(3): 282- 290.

18. Quinn, P., K. Beven, P. Chevallier and O. Planchon, 1991, "The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modeling Using Digital Terrain Models," *Hydrological Processes*, 5: 59-80.
19. Rodda, H.J.E., S. Demuth, and U. Shankar. 1999. "The Application of a GIS-Based Decision Support System to Predict Nitrate Leaching to Groundwater in Southern Germany." *Hydrological Sciences Journal* 44(2):221-236.
20. Ryan, C., 2005a. "CatchmentSIM a stand-alone GIS Based Terrain Analysis System", CRC for Catchment Hydrology, Australia. [Http://www.toolkit.net.au/catchmentsim](http://www.toolkit.net.au/catchmentsim).
21. Ryan, C., 2005b. "CatchmentSIM User Guide. A Stand alone GIS based terrain analysis System", CRC for Catchment Hydrology, Australia. <http://www.toolkit.net.au/catchmentsim>
22. Ryan, C., 2005c. "CatchmentSIM CSTalk Macro Reference Guide", CRC for Catchment Hydrology, Australia . <http://www.toolkit.net.au/catchmentsim>.
23. Ryan, C., and Boyd, M., 2003. "CATCHMENTSIM: a new Gis Tool for Topographic Geo-computation and hydrologic modeling. The Institution of Engineers", *Australia 28th International Hydrology and Water Resources Symposium 10 - 14 November 2003 Wollongong, NSW*.
24. Salim, E. 2004. Pembangunan Berkelanjutan Tantangan dan Harapan. Makalah Konferensi Nasional XVII Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BK-PSL) Makassar, 15-17 September 2004.
25. Tarboton, D. G., 1989, "The analysis of river basins and channel networks using digital terrain data, Sc.D. Thesis", Department of Civil Engineering, M.I.T., Cambridge, MA, (Also
26. Tarboton, D. G., 1997, "A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models", *Water Resources Research*, 33(2): 309-319.
27. Trisakti, B. 2009. Pengembangan Model Analisis Banjir berdasarkan Data Penginderaan Jauh , LAPAN, Jakarta.
28. Wise S, 2000, "Assessing the quality for hydrological applications of digital elevation models derived from contours", *Hydrological Processes*, 14(11), 1909-1929.