

Deliniasi Unit Pengelolaan Sub DAS Konto

Amrullah¹, Arief Rachmansyah², Bagyo Yanuwadi³

¹Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Pasca Sarjana Universitas Brawijaya

²Fakultas Teknis Sipil, Universitas Brawijaya

³Fakultas Biologi, Universitas Brawijaya

Abstrak

DAS dapat didefinisikan dalam berbagai ukuran luas, tergantung pada definisi dan deskripsi yang diberikan. Pada dasarnya, DAS terdiri dari beberapa sub DAS dan sub-sub DAS. Sebuah kawasan dapat didefinisikan sebagai sebuah DAS mulai dari luasan 2 hingga 30.000 ha. Tata cara penetapan dan pengelolaan DAS hingga sub DAS telah dituangkan di dalam UU, PP dan beberapa PerMenHut. Namun demikian, untuk menyeimbangkan dengan kepadatan penduduk dan dinamika aktifitas manusia yang tinggi (khususnya di pulau Jawa), dibutuhkan pengelolaan pada skala yang detil, guna perencanaan, pengelolaan dan monitoring yang lebih tepat dan spesifik sesuai dengan karakteristik lahan. Beberapa penelitian terdahulu umumnya menggunakan sub DAS Konto bagian hulu sebagai satu kesatuan unit penelitian tanpa sub DAS menjadi unit pengelolaan yang lebih kecil, dan 1 penelitian menetapkan beberapa sub-sub DAS berdasarkan topografi. Penetapan unit-unit pengelolaan dari sub-sub DAS yang dideliniasi dari faktor topografi dan outlet sungai dapat dibuat menjadi lebih spesifik dengan menganalisa secara kualitatif faktor-faktor geologi, tanah dan ketinggian lahan dari permukaan laut. Dalam penelitian ini, topografi di bagi menjadi faktor morfografi dan morfometri yang dijadikan dasar dalam penetapan sub-sub DAS dan unit-unit pengelolaan. Faktor geologi, tanah dan ketinggian digunakan untuk pendetilan unit-unit pengelolaan sub DAS dengan analisis secara kualitatif. Penelitian menghasilkan deliniasi 10 unit pengelolaan sub DAS dengan luas yang berkisar antara 800 – 4.000 ha, yang kemudian di bagi lagi menjadi sub unit pengelolaan dengan memperhatikan faktor morfografi dan ketinggian lahan dari permukaan laut untuk menyesuaikan tipe vegetasi dan klasifikasi hutan berdasarkan ekologi.

Kata kunci: Geologi, morfografi, morfometri, pengelolaan DAS, dan tanah

Abstract

A watershed can be defined in a broad size of range, depending on the given definition and description. Basically, a watershed consists of several sub watersheds and sub-sub watersheds. An area can be defined as a watershed area ranging from 2 to 30.000 hectares. Technical guidelines and procedures to define and managing of watershed to sub watershed has been regulated in the law, government regulation, and number of Ministry of Forestry regulations. However, in order to have balance with the population density and highly dynamics of human activities (especially in Java), detailing of sub watershed into a smaller scale is needed for more precise and specific of planning, implementation, monitoring and evaluation related to each land characteristic. Number of earlier research mostly used sub watershed of upstream Konto as in one unit of research area, except 1 research has been developed sub watersheds based topographic. Development of sub watersheds deliniated from topographic data can be detailed by analyze qualitatively factor of geology, soil and height above sea level. This research has divided topography into factor of morphography and morphometry as basis in development of sub watersheds and watershed management units. The study has resulted of 10 (ten) watershed management units with area ranging from 8.00 - 4.000 ha. Sub watershed management unit have been defined by considering combination of morphography and land elevation from sea level, to suit the type of vegetation and forest classification based on ecology.

Keywords: Geology, morfography, morphometry, soil, and watershed management,.

PENDAHULUAN

DAS merupakan kesatuan wilayah daratan dan sungai (termasuk anak-anak sungainya), untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan hingga danau atau laut melalui sungai.

Seluruh wilayah daratan dapat di bagi habis ke dalam satuan DAS yang umumnya dibatasi oleh batas alam dari topografi gunung, bukit, atau punggung hingga daerah terendah (hilir) yang masih dipengaruhi bagian hulu [1][2].

DAS dapat didefinisikan dalam berbagai ukuran luas, tergantung pada definisi dan deskripsi yang diberikan. Pada dasarnya, DAS besar terdiri dari beberapa sub DAS dan sub-sub DAS. Sebuah kawasan dapat didefinisikan sebagai sebuah DAS mulai dari luasan 2 hektar [3] hingga 30.000 hektar [4]. Ilustrasi DAS dan sub-sub DAS

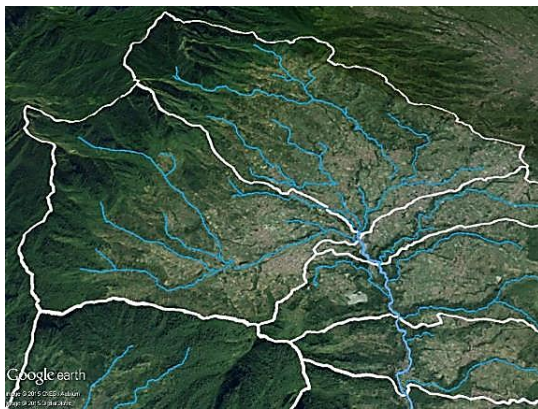
Alamat Korespondensi Penulis:

Amrullah

Email : amrullah@hotmail.co.id

Alamat : Program Magister Pengelolaan Sumberdaya
Lingkungan dan Pembangunan, Pascasarjana
Universitas Brawijaya. Jl. MT Haryono 169, Malang
65145 Indonesia.

disajikan di Gambar 1. yang menggambarkan pengelompokan sungai dan anak-anak sungainya dengan batasan topografi.



Gambar 1. Ilustrasi DAS

Tata cara penyusunan rencana teknik rehabilitasi hutan dan lahan daerah aliran sungai (RTKRHL-DAS) telah diterbitkan dalam PerMenHut nomor: P. 32/MENHUT-II/2009 yang membahas secara detil mulai dari persiapan dan kebutuhan data, parameter, analisa data dan pelaporan untuk dijadikan pedoman rehabilitasi dan penetapan prioritas pada skala DAS dan sub DAS. Namun demikian, untuk menyeimbangkan dengan kepadatan penduduk dan dinamika aktifitas manusia yang tinggi (khususnya di pulau Jawa), dibutuhkan pengelolaan pada skala yang detil, guna perencanaan, pengelolaan dan monitoring yang lebih tepat dan spesifik sesuai dengan karakteristik lahan. Sub-sub DAS hasil deliniasi berbasis topografi dan outlet sungai, kemudian didetilkkan dengan analisis kualitatif terhadap faktor-faktor morfografi, morfometri dan vegetasi. Selain topografi, faktor morfografi juga memasukkan data geologi dan tanah dalam analisisnya.

Beberapa penelitian terdahulu di wilayah hulu sub DAS Konto yang dijadikan bahan bacaan dan/atau rujukan ialah: (1) Skenario penggunaan lahan melalui aplikasi model genriver untuk memprediksi kemampuan menyangga cadangan air di DAS Kali Konto hulu, Kabupaten Malang [5]; (2) Studi Biodiversitas: Apakah Agroforestri Mampu Mengkonservasi Keanekaragaman Hayati di DAS KONTO? [6]; dan (3) *Erosion, Sediment Transport and Reservoir Sedimentation in the Upper Drainage Basin of The Konto River, East Java, Indonesia* [7]. Ketiga penelitian tersebut, menggunakan sub DAS Konto bagian hulu sebagai satu kesatuan unit penelitian tanpa sub DAS menjadi unit pengelolaan yang lebih kecil.

Sedangkan Yudianto *et al.* (2014)[8] meneliti upaya konservasi waduk Selorejo berdasarkan perkembangan peta penggunaan lahan dalam kurun waktu tahun 2000–2011 dengan menetapkan beberapa sub-sub DAS berdasarkan topografi yang diturunkan menjadi DEM (*Digital Elevation Model*) dengan menggunakan aplikasi ArcSWAT berbasis ArcView 3.x. Penetapan unit-unit pengelolaan dari sub-sub DAS yang dideliniasi dari faktor topografi dan outlet sungai dapat dibuat menjadi lebih spesifik dengan menganalisa secara kualitatif faktor-faktor geologi, tanah dan ketinggian lahan dari permukaan laut.

Dalam penelitian ini, topografi di bagi menjadi faktor morfografi dan morfometri yang dijadikan dasar dalam penetapan sub-sub DAS dan unit-unit pengelolaan. Faktor geologi, tanah dan ketinggian digunakan untuk pendetilan unit-unit pengelolaan sub DAS dengan analisis secara kualitatif.

Morfografi adalah suatu ciri dan sifat fisik dari bentuk lahan yang relatif mudah dikenali secara kasat mata dengan membedakan kenampakan kontras dan relief lokal sebagai penyusun bentuk lahan [9]. Morfografi merupakan gambaran bentuk/pattern dan arsitektur permukaan bumi yang dapat dibedakan menjadi bentuk lahan perbukitan/punggungan, pegunungan, atau gunungapi, lembah dan dataran, yang digunakan untuk pendugaan jenis batuan. Morfografi dapat didefinisikan dari analisis data topografi yang diturunkan menjadi Digital Elevation Model (DEM) dengan bantuan aplikasi Geographic Information System (GIS), menggunakan tool Hillshade atau Triangulation Irregular Network (TIN) dengan ArcGIS.

Morfometri ialah hasil analisa jaringan alur sungai secara kuantitatif yang merupakan karakteristik alami DAS [10]. Morfometri DAS antara lain meliputi antara lain kelerengan (slope), luas DAS, bentuk DAS, kerapatan aliran, dan pola aliran. Morfometri DAS digunakan untuk mengetahui karakteristik DAS. Analisis morfometri digunakan untuk mengetahui karakteristik DAS, sub DAS dan sub-sub DAS. Proses dan analisis morfometri DAS dapat menggunakan aplikasi Remote Sensing (RS) dan GIS [11][12].

Upaya untuk mengendalikan erosi yang merupakan masalah umum di hampir semua wilayah DAS di Indonesia dengan pendekatan vegetatif memegang peranan yang sangat penting untuk mengurangi tingkat erosi. Analisis vegetasi dilakukan dengan pembagian DAS

menjadi unit ekologi dengan menumpangtindihkan peta jenis tanah, penggunaan lahan dan topografi [13]. Improvisasi dan peningkatan tutupan vegetasi terbukti mampu untuk menurunkan tingkat erosi tanah [14].

Restorasi ekologi memegang peranan penting dalam menjaga dan merehabilitasi DAS di dalam era urbanisasi saat ini dengan 3 langkah umum yaitu perencanaan, implementasi dan monitoring. Proses ekologi yang terintegrasi akan lebih menjamin keberlanjutannya dibandingkan dengan proses rekayasa engineering [15][16], sehingga DAS menjadi lebih mandiri dan tahan terhadap gangguan eksternal dengan biaya minimal untuk perawatan [17].

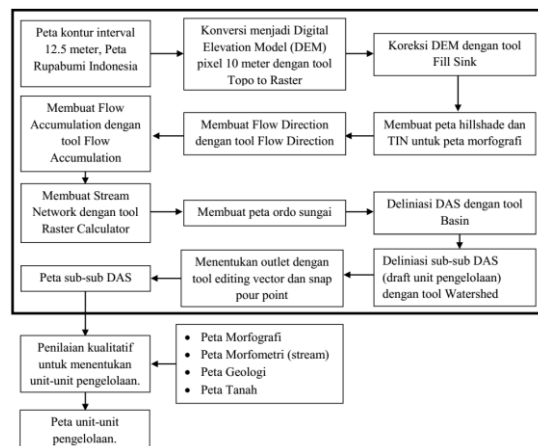
Dengan mengoverlay peta morfografi dengan klasifikasi ketinggian, dan merujuk pada klasifikasi hutan berdasarkan ketinggian, areal penelitian dapat diklasifikasikan menjadi setidaknya 3 kelas, yaitu: (1) Pegunungan, dengan ketinggian > 1.500 m dpl; (2) Pegunungan bawah dan perbukitan dengan ketinggian 1.000 – 1.500 m dpl; dan (3) Dataran rendah dengan ketinggian < 1.000 m dpl [18][19]. Perbedaan klasifikasi ketinggian ini ditujukan untuk melihat karakteristik setiap kelompok ketinggian dari sudut ekologi vegetasi.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah teknis penelitian berbasis pada analisis spasial dengan menggunakan aplikasi SIG dan PJ. Secara garis besar, proses dapat dikelompokkan ke dalam 2 proses utama, yaitu: (1) Analisis basis DEM untuk menyusun peta morfografi dan morfometri dan peta sub-sub DAS yang dijadikan basis penetapan unit-unit pengelolaan sub DAS; dan (2) Analisis kualitatif untuk mendeliniasi unit-unit pengelolaan sub DAS dengan memasukkan parameter peta geologi dan jenis tanah.

Data pokok yang digunakan ialah peta garis kontur interval 12,5 meter yang di ambil dari Peta Rupabumi Indonesia (RBI) produksi Badan Informasi Geospasial (BIG) skala 1 : 25.000, untuk kemudian diturunkan menjadi peta DEM. Hasil akhir dari analisis berbasis DEM ini ialah sub-sub DAS yang dideliniasi dari outlet-outlet sungai. Selanjutnya, peta geologi dan jenis tanah, akan dimasukkan sebagai parameter dalam proses penilaian dan penetapan unit-unit pengelolaan sub DAS secara kualitatif, berdasarkan hasil deliniasi sub-sub DAS dari outlet sungai. Penilaian secara kualitatif di sini ialah dengan melihat batasan geologi, tanah dan

morfometri serta karakteristiknya untuk kemudian membagi sub-sub DAS menjadi lebih detail. Seluruh proses deliniasi DAS, sub-sub DAS, penilaian dan penetapan unit-unit pengelolaan sub DAS dilakukan dengan aplikasi ArcGIS. Alur proses deliniasi DAS dan unit-unit pengelolaan disajikan pada Gambar 2., yang mendeskripsikan alur proses pekerjaan mulai dari deliniasi DAS, sub-sub DAS dan unit-unit pengelolaan sub DAS.



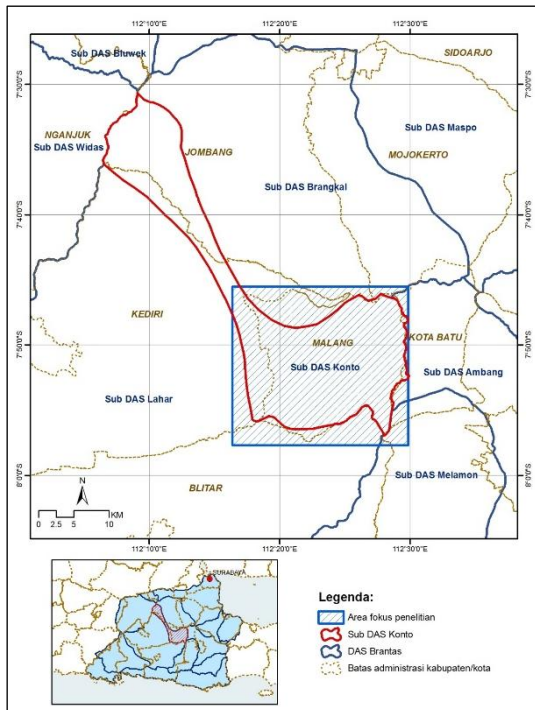
Gambar 2. Alur kerja deliniasi DAS dan unit-unit pengelolaan sub DAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada hulu Sub DAS Konto, yang secara administratif, berada di wilayah kabupaten Malang, di dalam kecamatan Ngantang dan Pujon. Secara geografis sub DAS Konto itu sendiri terletak di antara 112° 3' 45.89" BT, 7° 30' 8.234" LS dan 112° 30' 1.716" BT, 7° 57' 22.423" LS. Sub DAS Konto membentang di kabupaten Malang, Jombang dan Kediri. Pada bagian utara, berbatasan dengan Sub DAS Bluwek dan Widas, bagian timur berbatasan dengan Sub DAS Brangkal dan Ambang, sedangkan bagian barat dan selatan berbatasan dengan Sub DAS Melamon dan sub DAS Lahar (Gambar 3.)

Fokus area penelitian di lokasi Sub DAS Konto bagian hulu, yang di batasi pada outlet pada waduk/bendungan Selorejo. Fokus ini memperhatikan seluruh akibat erosi dan sedimentasi dari sub-sub DAS bagian hulu akan terkumpul dan mengalir ke dalam waduk, selain secara riil di lapangan, jaringan sungai hulu terputus di waduk Selorejo, dan dialirkan melalui pintu air dari PLTA Selorejo. Pada peta RBI skala 1:25.000, jaringan sungai terputus di waduk Selorejo, sebagai akibat dari pembangunan waduk yang selesai tahun 1970 tersebut.



Gambar 3. Lokasi penelitian di hulu sub DAS Konto.

Hasil penelitian dan pembahasan

Proses teknis deliniasi sub-sub DAS menggunakan data kontur dan jaringan sungai dari peta Rupabumi Indonesia skala 25.000. Data format vektor (shapefile/shp) dari Peta Rupabumi Indonesia dapat di download secara gratis melalui situs <http://portal.inasdi.or.id>, dan untuk selanjutnya di proses menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan tingkat kemampuan operator intermediate hingga advance. Petunjuk untuk mendownload peta RBI dapat di download dari link <https://goo.gl/edOiwd>, sedangkan modul training ArcGIS dapat di download dari link <https://goo.gl/WJ7Op4>.

Proses deliniasi DAS dan sub-sub DAS dimulai dengan proses konversi peta kontur interval 12,5 meter menjadi DEM dengan pixel 10 meter. Konversi menggunakan tool Topo to Raster untuk kemudian dikoreksi dengan fungsi Fill dari ArcToolbox, ArcGIS. Sebelum dapat memproses deliniasi DAS, sub DAS dan sub-sub DAS, DEM harus melewati 4 (empat) tahapan proses analisis morfometri, yang secara berurutan yaitu: (1) Flow direction; (2) Flow accumulation; (3) Stream network; dan (4) Stream order.

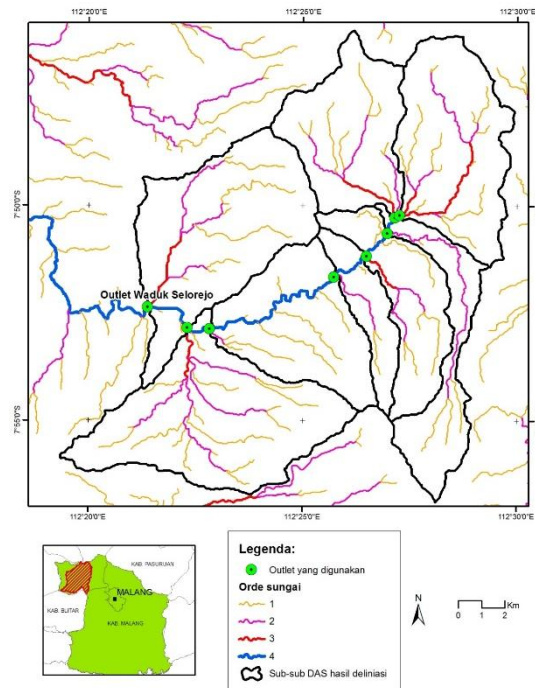
Berdasarkan data stream yang telah terbentuk, dengan memperhatikan orde sungai (stream order), deliniasi DAS dan sub DAS dideliniasi dengan menggunakan tool Basin.

Sedangkan sub-sub DAS di buat dengan menentukan terlebih dahulu titik-titik outlet sungai yang digitasi secara manual. Titik outlet yang dibuat dalam penelitian ialah sebanyak 10 (sepuluh) outlet mulai dari hulu dan berakhir di waduk Selorejo. Hasil deliniasi sub-sub DAS dengan menggunakan tool Watershed di lokasi penelitian secara umum bersesuaian dengan hasil deniliasi dari penelitian Yudianto, RA., et al.(2014) [8] yang menggunakan aplikasi AVSWAT dengan basis ArcView 3.x. Hal ini disebabkan sumber data dasar yang sama, yaitu DEM yang dibuat dari peta RBI skala 25.000. Peta hasil deliniasi DAS dan sub-sub DAS hulu Konto disajikan pada Gambar 4 dengan menggunakan tool *hydrology* pada aplikasi ArcGIS untuk proses morfografi, morfometri dan deliniasi DAS dan sub DAS.

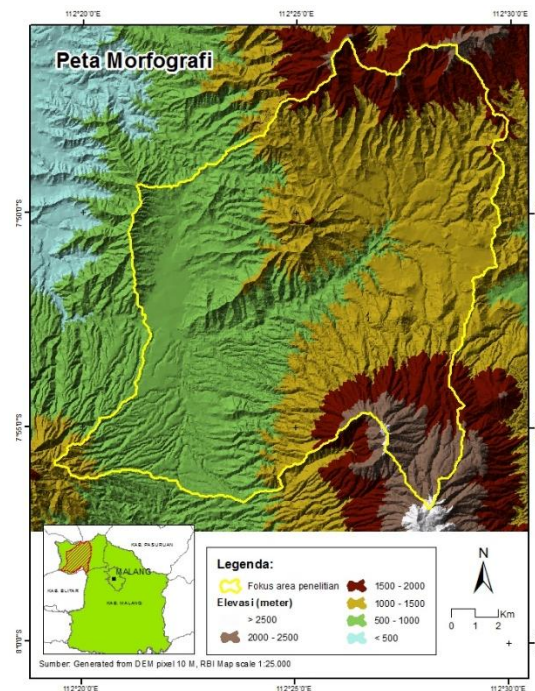
Proses deniliasi unit-unit pengelolaan sub DAS menggunakan peta hasil deliniasi sub-sub DAS di atas dengan menilai secara kualitatif dari kombinasi faktor morfografi, morfometri, geologi, dan tanah. Analisis dan bahasan masing faktor disajikan sebagai berikut secara berurutan.

Peta Morfografi di buat dari peta Digital Elevation Model (DEM) yang di proses lebih lanjut menggunakan tool Hillshade atau Triangulation Irregular Network (TIN) dengan ArcGIS dan ArcScene (Gambar 5). Analisis morfografi secara kualitatif dapat dilakukan baik secara 2D atau 3D. Dengan mengoverlay peta morfografi dengan klasifikasi ketinggian, dan merujuk pada klasifikasi hutan berdasarkan ketinggian, areal penelitian dapat diklasifikasikan menjadi setidaknya 3 kelas, yaitu: (1) Pegunungan, dengan ketinggian > 1.500 m dpl; (2) Pegunungan bawah dan perbukitan dengan ketinggian 1.000 – 1.500 m dpl; dan (3) Dataran rendah dengan ketinggian < 1.000 m dpl [18][19]. Perbedaan klasifikasi ketinggian ini ditujukan untuk melihat karakteristik setiap kelompok ketinggian dari sudut ekologi vegetasi.

Serupa dengan proses pembuatan peta morfografi di atas, peta morfometri juga merupakan hasil analisis data topografi yang diturunkan menjadi Digital Elevation Model (DEM) dengan bantuan aplikasi Geographic Information System (GIS), menggunakan tool Flow Accumulation, Flow Direction dan Raster Calculator. Overlay peta jaringan sungai (stream) berikut orde sungainya dari proses di atas, dengan peta morfografi akan melengkapi proses analisis kualitatif penilaian unit-unit pengelolaan.



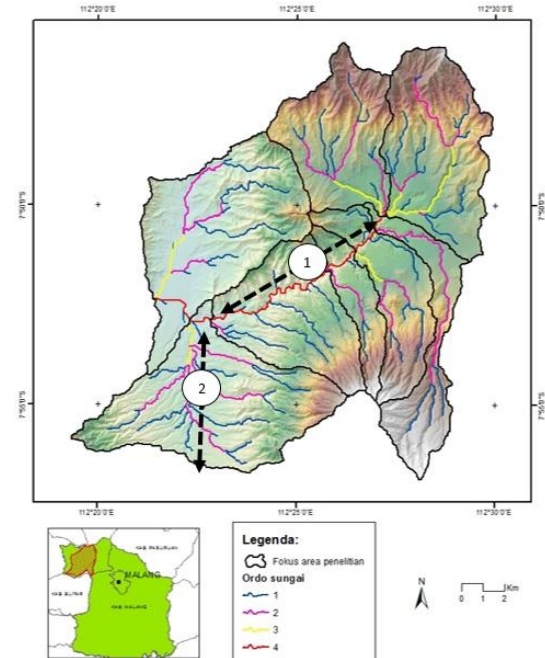
Gambar 4. Peta hasil deliniasi sub-sub DAS hulu Konto yang bersesuaian dengan penelitian Yudiarto *et al.* (2014)[8] karena menggunakan basis data kontur yang sama dari peta RBI skala 1:25.000.



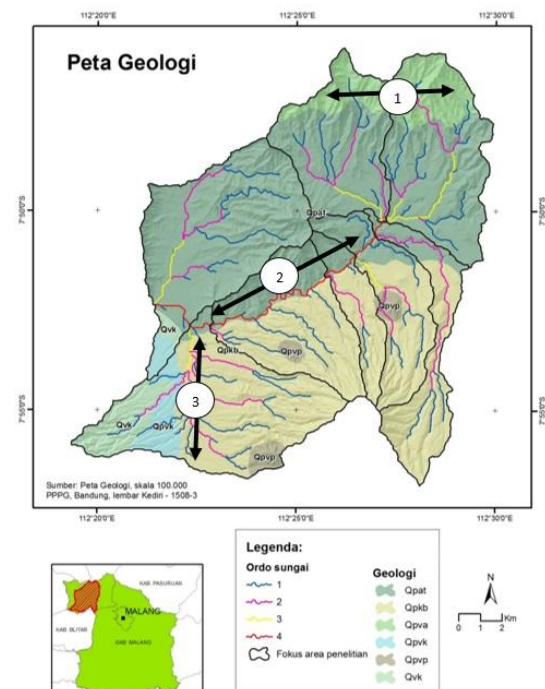
Gambar 5. Peta Morfografi dan klasifikasi ketinggian di area penelitian.

Dari hasil proses overlay dengan peta morfografi dapat dilihat 2 garis sungai yang membelah beberapa sub-sub DAS, yang ditunjukkan dengan gambar panah dengan garis putus-putus berwarna hitam dengan nomor 1

dan 2 sebagaimana disajikan pada Gambar 6. Gambar ini mendeskripsikan pembagian secara alami perbedaan karakteristik batuan dan tanah yang berbeda antara satu sama lain, sehingga dapat memberikan arah untuk penetapan unit pengelolaan sub DAS lebih detail dibandingkan deliniasi menggunakan ArcSWAT [8].



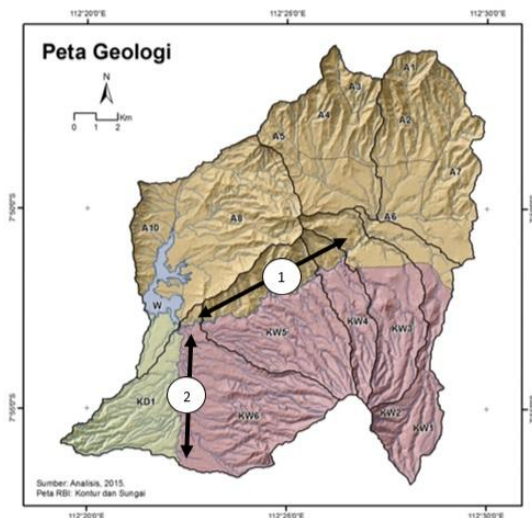
Gambar 6. Peta morfometri dan morfografi di area penelitian.



Gambar 7. Peta geologi yang ditumpangtindihkan dengan peta morfografi dan morfometri [20].

Peta draft unit-unit pengelolaan selanjutnya di overlay dengan peta geologi (P3G Bandung), morfografi dan morfometri untuk meneruskan analisis kualitatif di atas. Hasil overlay menunjukkan kemungkinan pengelompokkan menjadi 3 jenis batuan berbeda, yang ditunjukkan dengan gambar panah berwarna hitam dengan nomor 1, 2 dan 3 sebagaimana disajikan pada Gambar 7.

Alternative lain, peta geologi dapat pula disusun secara kualitatif dengan memperhatikan formasi dan kompleks pegunungan disekitar area penelitian, dengan overlay antara peta morfografi dan jaringan sungai. Penamaan formasi geologi menyesuaikan dengan nama gunung atau kompleks pegunungan dengan membagi unit-unit formasi tersebut berdasarkan jaringan sungai, sebagaimana disajikan pada Gambar 8. Huruf A merupakan kode formasi geologi Anjasmara, KD untuk Kelud dan KW untuk gunung Kawi.

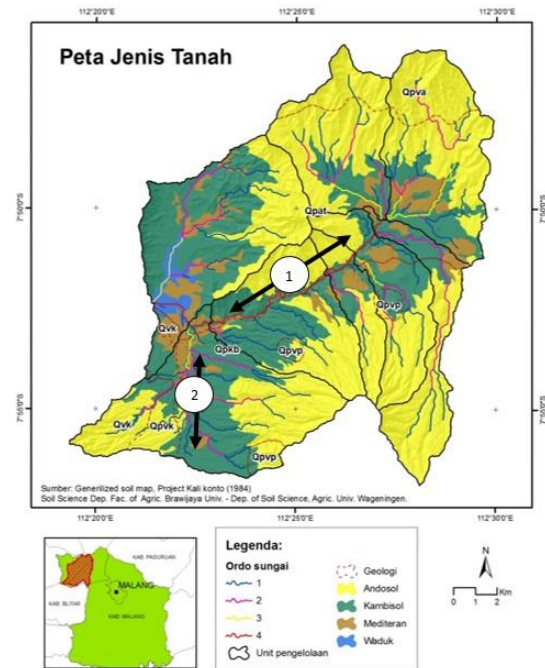


Gambar 8. Peta geologi di area penelitian yang dibangun dari peta morfografi dan jaringan sungai.

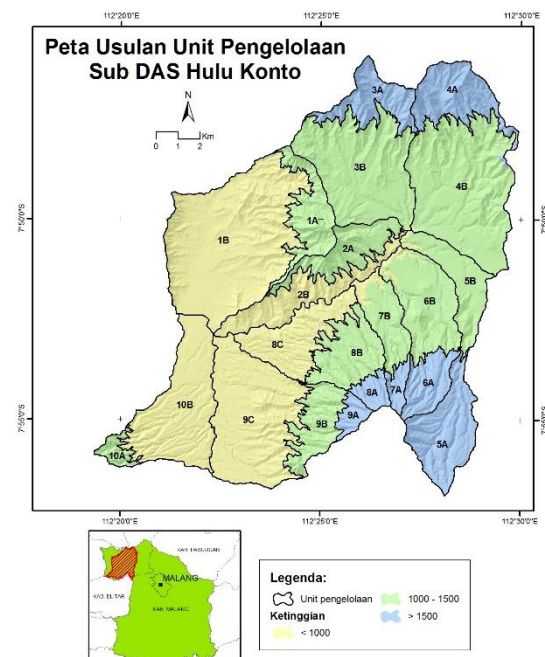
Hasil overlay dan pemetaan geologi di atas hanya menampilkan 3 kelompok batuan yang dipisahkan oleh jaringan sungai utama, sebagaimana ditunjukkan dengan panah berwarna hitam dengan nomor 1 dan 2 pada Gambar 8 di atas.

Hasil overlay peta tanah dengan geologi (P3G Bandung), morfografi dan morfometri menunjukkan pattern yang bersesuaian dengan factor geologi dan morfometri. Hal ini bisa dilihat dengan areal yang ditunjukkan dengan panah berwarna hitam, nomor 1 dan 2 pada Gambar 9. Hal ini menunjukkan konsistensi pattern

perbedaan jenis tanah, geologi dan kontur di belah oleh aliran sungai.



Gambar 9. Peta jenis tanah di area penelitian [21].



Gambar 10. Peta usulan unit pengelolaan hulu sub DAS Konto.

Berdasarkan analisa kualitatif 4 (empat) faktor yang dijadikan acuan penetapan unit-unit pengelolaan sub DAS, faktor morfografi, morfometri, geologi dan tanah saling bersesuaian dengan menunjukkan 2 kelompok karakteristik sub-sub DAS yang bisa dibuat menjadi unit

pengelolaan sendiri, sebagaimana disajikan pada Gambar 9, nomor 1 dan 2. Namun demikian, karakteristik unit pengelolaan tersebut masih bisa didetilkan lagi dengan menambahkan kelas ketinggian yang berhubungan dengan tipe hutan/vegetasi berdasarkan ketinggian. Dengan demikian, diperoleh 10 unit pengelolaan sub DAS hulu Konto yang dikembangkan dari 8 sub DAS dengan total pendetilan menjadi 21 sub unit pengelolaan sub DAS hulu Konto dengan mempertimbangkan faktor-faktor morfografi, morfometri, geologi dan tanah sebagaimana disajikan pada Gambar 10. Hasil analisis ini jauh lebih detail dibandingkan dengan peta sub DAS hasil deliniasi dengan ArcSWAT yang berbasis topografi saja [8].

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis dan penetapan unit pengelolaan DAS yang didetilkan dari hasil deliniasi sub-sub DAS akan memudahkan proses perencanaan, implementasi, monitoring dan evaluasi, dibandingkan bekerja pada skala sub DAS. Hal ini disebabkan pengelompokan kareakteristik lahan dengan menganalisa faktor-faktor morfografi, morfometri, geologi dan tanah yang saling bersesuaian dan dapat dijadikan dasar penilaian kualitatif untuk menentukan unit-unit pengelolaan sub DAS. Kombinasi morfografi dan kelas ketinggian dapat menjadi acuan untuk mengenali karakteristik ekologi vegetasi dan klasifikasi hutan berdasarkan ketinggiannya dari permukaan laut.

Saran

Penelitian ini merupakan pendetilan analisa sub-sub DAS dengan menetapkan unit pengelolaan sub DAS berdasarkan analisa secara kualitatif terhadap faktor-faktor morfografi, morfometri geologi dan tanah. Diskusi lebih lanjut dengan pemangku kebijakan dan pemegang tanggung jawab pengelolaan DAS dibutuhkan agar penelitian ini dapat diimplementasikan dan terus dikembangkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada Bapak Dr.rer.Nat. Ir. Arief Rachmansyah dan Bapak Dr. Bagyo Yanuwadi yang telah berkenan untuk mencurahkan waktu, pemikiran dan bimbingan, serta Bapak Amin Setyo L., S.Si., M.Si., Ph.D, Bapak Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., D.Agr.Sc dan Bapak Dr.Ir. Aminuddin

Afandhi, MS, yang telah berkenan menjadi tim penguji dengan memberikan masukan kritis.

Terima kasih juga disampaikan kepada segenap dosen pengampu mata kuliah, pejabat struktural dan staff administrasi di Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan (PSLP), Universitas Brawijaya, serta teman-teman angkatan tahun 2013. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan TFT Indonesia, Bapak Dejan Lewis dan Bapak Aris Priyambodo atas dukungan moril dan fleksibilitas waktu kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asdak, Chay. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [2]. Linsley, Ray K. et al. 1980. Applied Hydrology. New Delhi: Tata McGraw Hill Publication. Co.
- [3]. White, T. A. and C. F. Runge. 1995. The Emergence and Evolution of Collective Action: Lessons from Watershed Management in Haiti. *World Development* 23 (10) : p. 1683-1698.
- [4]. World Bank. 2007. Watershed Management Approaches, Policies and Operations: Lessons For Scaling-Up (draft report). Washington, DC: Agriculture and Rural Development Department, World Bank.
- [5]. Astutik, KP., Suprayogo, D., Prijono, S., 2014. Skenario penggunaan lahan melalui aplikasi model genriver untuk memprediksi kemampuan menyangga cadangan air di DAS Kali Konto hulu, Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan DAS Terpadu Untuk Kesejahteraan Masyarakat*, p. 460-471.
- [6]. Aini FK, Kurniawan S, Wibawa G, Hairiah K. 2010. Studi Biodiversitas: Apakah Agroforestri Mampu Mengkonservasi Keanekaragaman Hayati di DAS KONTO? Working paper 119. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Program.
- [7]. Boun Heng, M., Lavigne, F. 2004. Erosion, Sediment Transport and Reservoir Sedimentation in the Upper Drainage Basin of The Konto River, East Java, Indonesia. *Proceedings of the Ninth International Symposium on River Sedimentation* October 18 - 21, Yichang, China.
- [8]. Yudianto, RA., Suhartanto, E., Soetopo, W., 2014. Upaya konservasi waduk Selorejo berdasarkan perkembangan peta

- penggunaan lahan dalam kurun waktu tahun 2000–2011. *Jurnal Teknik Pengairan*, 5 [1], p. 1 – 8.
- [9]. Nurwadjadi, Sukmantalya, I.N., Bumi, P.B., Amhar, F., Dewayany, S., Syarifudin. 2002. Struktur Basis Data Spasial Bentuk Lahan Skala 1:50.000 / 1:25.000. Pusat Survei Sumberdaya Alam Darat, BAKOSURTANAL.
- [10]. Supangat, AB. 2012. Karakteristik hidrologi berdasarkan parameter morfometri das di kawasan taman nasional meru betiri. *Jurnal penelitian hutan dan konservasi alam*, 9 -3, p. 275 - 283.
- [11]. Rahaman, S.A., Azeez, S.A., Aruchamy, S., Jegankumar, R. 2015. Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System - A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. *Aquatic Procedia* 4, p. 1322 - 1330.
- [12]. Singh, P., Gupta, A., Singh, M. 2014. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 17, p. 111 - 121.
- [13]. Kusumandari, A., Widiyanto, Marsono, D., Sabarnurdin, Gunawan, T., Nugroho, P. 2013. Vegetation clustering in relation to erosion control of Ngrancah sub watershed, Java, Indonesia Elsevier, *Procedia Environmental Sciences* 17, p. 205 – 210.
- [14]. Yuehong, C., Feixin, W., Guangquan, L., Xinxiao, Y., Guadong, J., Ping, G. 2010. Modified vegetation-erosion dynamics model and its application in typical watersheds in the Loess Plateau. Elsevier - *International Journal of Sediment Research*, 25 – 4, p. 78–86.
- [15]. Laub, BG, Palmer, MA. 2009. Restoration Ecology of Rivers. Elsevier – p. 332 - 341.
- [16]. Palmer, MA. 2008. Reforming Watershed Restoration: Science in Need of application and Applications in Need of Science. Springer, pp. 17.
- [17]. Palmer, MA., Bernhardt, ES., Allan, JD., Lake, PS., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, CN., Shah, JF., Galat, DL., Loss, SG., Goodwin, P., Hart, DD., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, GM., Lave, R., Meyer, JL., O'Donnell, TK., Pagano, L., Sudduth, E. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42, p. 208 - 217.
- [18]. Steenis, CGGJ van. 2006. Flora Pegunungan Jawa. Terj. Pusat Penelitian Biologi LIPI, Bogor. p. 22-25.
- [19]. Whitmore, T.C. 1984. Tropical Rain Forest of the Far East. Clarendon Press, London. p. 243-259.
- [20]. PPPG, 1992. Peta Geologi skala 1:100.000, lembar Kediri - 1508-3, Bandung.
- [21]. Kali Konto River Project, 1984, Soils and soil conditions. Kali Konto Upper Watershed, East Java. Malang: Kali Konto Project/NUFFIC/UNIBRAW.