

PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR (DTA) WADUK BATUTEGI UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI

Land Use Planning in Catchment Area of Batutege Reservoir to Reduce Sedimentation

Nani Heryani dan Nono Sutrisno

heryani_nani@yahoo.com; ns_saad@yahoo.com

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar 1A, Bogor 16111

Naskah diterima 6 Juli 2012; hasil evaluasi 11 Juli 2012; hasil perbaikan 20 Juli 2012

ABSTRAK

Waduk memiliki berbagai fungsi diantaranya sebagai sumber air untuk irigasi dan domestik, sebagai pembangkit tenaga listrik dan sebagai tempat wisata. Mengingat pentingnya fungsi waduk, pengelolaan terhadap daerah tangkapan air dari waduk tersebut harus dilakukan dengan tepat. Perubahan penggunaan lahan akan sangat berpengaruh terhadap kondisi waduk. Hal umum yang sering terjadi pada saat pengelolaan lahan tidak sesuai dengan kemampuan dan kesesuaian lahan, dan tidak terdapat upaya konservasi tanah dan air, maka erosi permukaan meningkat dan berdampak terhadap tingginya sedimentasi di waduk. Tulisan ini menyajikan tinjauan tentang perencanaan penggunaan lahan di Sub DAS Way Jantan yang merupakan salah satu daerah tangkapan air (DTA) waduk Batutege. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan merupakan faktor utama yang dapat menentukan sedimen yang terangkut sungai dan masuk kedalam waduk. Peningkatan curah hujan dan erosivitas hujan (EI_{30}) dapat meningkatkan besarnya aliran permukaan (*runoff*) dan sedimen di waduk Batutege. Sedangkan perubahan penggunaan lahan dari semak belukar, kebun campuran, dan kebun kopi menjadi hutan dapat menurunkan sedimen waduk. Untuk mengurangi sedimentasi waduk Batutege, perencanaan penggunaan lahan yang diusulkan yaitu 13-16% dari total luas Sub DAS Way Jantan berupa 79% tanaman tahunan (kopi), 5% sawah, 8% semak belukar, masing-masing 4% pemukiman dan hutan. Model prediksi untuk mengetahui perubahan aliran permukaan, sedimen, dan erosi akibat perubahan penggunaan lahan dapat dijadikan dasar dalam perencanaan penggunaan lahan di DTA waduk.

Kata kunci : Waduk, penggunaan lahan, daerah tangkapan air

ABSTRACT

Reservoir has various functions such as water sources for irrigation and domestic, hydro electrical power plant and a tourism. Given the importance of reservoir function, management of catchment areas of reservoirs should be done properly. Land use changes will greatly affect the condition of the reservoir. Common problems that often occur when land use is not based on land capability and suitability, and there is no soil and water conservation efforts, were increased surface erosion resulting the high sedimentation in the reservoir. This paper presented an overview of land use planning in Way Jantan Sub Watershed as a reservoir Batutege catchment area. The results showed that land use is a major factor that determine the transported sediment into rivers and reservoirs. The increase of precipitation and rainfall erosivity (EI_{30}) can increase the amount of runoff and sediment in the Batutege reservoir. While the land use change of shrubs, mix garden, and coffee plantations into forests can reduce sediment in reservoirs. To reduce reservoir sedimentation of Batutege, the proposed land use planning that is 13-16% of the total area of Way Jantan sub watershed such as 79% of annual crops (coffee), 5% of rice field, 8% of shrubs, 4% of forest and settlements respectively. Prediction models to assess surface runoff, sediment, and erosion attributed by land use changes can be used as basis for land use planning in the catchment area of reservoir.

Keywords : Reservoir, land use, catchment area

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Sedangkan waduk adalah

bangunan atau kolam besar yang dibangun untuk menyimpan air untuk berbagai kebutuhan, dapat terjadi secara alami maupun dibuat manusia (Balai Pustaka, 2002). Waduk juga merupakan prasarana dalam mendukung kecukupan pangan, energi dan air. Pemanfaatan

air untuk ketiga hal tersebut merupakan faktor penentu peningkatan pembangunan nasional. Meskipun hingga saat ini bendungan/waduk baru mengalir sekitar 800 ribu hektar atau 11% dari 7,5 juta hektar lahan irigasi teknis, namun peran bendungan atau waduk tersebut sangat vital (Amron, 2011).

Selanjutnya Amron (2011) menyatakan bahwa jumlah bendungan yang ada di Indonesia saat ini sekitar 284 bendungan besar yang memenuhi kriteria dalam PP No. 37 tahun 2010 tentang Bendungan, yang diadopsi dari kriteria Komite Nasional Indonesia-Bendungan Besar (KNI-BB) atau *Indonesian National Large Dams* (INACOLD). Manfaat bendungan itu terbagi menjadi dua, yaitu *single purpose* dan *multi purpose* dam. *Single purpose* dam adalah bendungan dibuat hanya untuk satu tujuan khusus seperti penyediaan air untuk irigasi atau untuk pengendalian banjir sedangkan *multi purpose* dam didesain untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, air baku atau air minum dan untuk pembangkit listrik serta pengembangan lokasi kawasan wisata, seperti Waduk Jatiluhur (Amron, 2011). Peran bendungan atau waduk sangat penting sehingga harus tetap dipelihara agar umur guna waduk sesuai dengan target umur guna waduknya.

Waduk Batutegi merupakan waduk yang *multi purpose* fungsinya yaitu sebagai sumber air pertanian, sumber air minum beberapa kota, pembangkit tenaga listrik, pariwisata, pengendalian banjir, dan perikanan. Waduk Batutegi dengan kapasitas tampung 665 juta m³ (Anonim, 2012). Hasil pengamatan tahun 2000 menunjukkan bahwa potensial lahan pertanian yang bisa dikembangkan dengan irigasi mencapai kurang lebih 66.573 ha (Anonim, 2011).

Kondisi lingkungan di DTA waduk Batutegi pada saat ini mengawatirkan. Sub DAS Way Jantan yang merupakan daerah tangkapan air (DTA) waduk Batutegi telah mengalami alih fungsi dari hutan menjadi areal pertanian. Beberapa areal masih terlihat terbuka, tanpa adanya vegetasi dan penerapan teknik konservasi tanah, sehingga akan memicu terjadinya laju aliran permukaan dan erosi tanah yang tinggi di daerah hulu, yang pada akhirnya

akan meningkatkan laju sedimentasi di hilir (Heryani *et al.*, 2003). Selanjutnya Banuwa (2008) menyebutkan bahwa kerusakan wilayah daerah aliran sungai (DAS) Batutegi terjadi karena terjadinya konversi hutan menjadi lahan pertanian yang tidak memperhatikan kemampuan dan kesesuaian lahan, agroteknologi serta konservasi tanah dan air. Vegetasi tetap atau hutan dan penggunaan lahan lainnya serta kondisi fisik DAS merupakan penentu laju sedimentasi, erosi lahan, dan jumlah aliran permukaan yang masuk ke sungai (Carson, 1989; Verbist, 2001).

Kerusakan lahan dan berkurangnya kemampuan DAS meresapkan air merupakan konsekuensi logis dari adanya *deforestation* atau perubahan penggunaan lahan. Pada saat permukaan tanah terbuka, terjadi erosi yang melebihi ambang batas (*tolerable soil loss*) dan selanjutnya masuk ke dalam sungai dan mengendap di dalam waduk. Bersama sedimen akan terangkut pula unsur hara, pupuk, partikel tanah dan polutan lain yang akan menurunkan produktivitas tanah dan menjadi polutan di waduk.

Sehubungan dengan itu, perencanaan penggunaan lahan didalam DAS yang merupakan DTA waduk harus tepat, sehingga dapat mengurangi erosi permukaan agar laju sedimentasi waduk di bawah batas ambang sedimentasi yang dapat dibiarkan. Berkaitan dengan itu, tulisan ini menyampaikan tinjauan tentang perencanaan penggunaan lahan di Sub DAS Way Jantan yang merupakan DTA waduk Batutegi berdasarkan hasil prediksi sedimen sungai yang merupakan inlet waduk Batutegi.

KARAKTERISTIK BIOFISIK WILAYAH WADUK BATUTEGI

Karakteristik waduk Batutegi

Waduk Batutegi terletak di Desa Way Harong, Kecamatan Pulau Panggung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung, berjarak ± 90 km sebelah Barat Daya kota Bandar Lampung, dibangun pada Sungai Way Sekampung kurang lebih 65 km di hulu bendung Argoguruh. Secara

geografis waduk Batutegi terletak pada $05^{\circ} 13' 60''$ - $05^{\circ} 14' 50''$ LS dan $104^{\circ} 40' 20''$ - $104^{\circ} 42' 45''$.

Sejak tahun 1900-an upaya pembangunan bendungan yang kecil dan bukan *multi purpose* telah dilakukan. Pada tahun 1950-an seiring dengan pertumbuhan penduduk, dibangun waduk yang besar seperti Jatiluhur, dan tahun 2000-an waduk Jatigede di Sumedang. Kedua waduk tersebut berturut-turut dapat mengairi sekitar 220 ribu ha dan 90 ribu ha. Keberadaan kedua waduk tersebut diharapkan dapat mendukung program ketahanan pangan (Amron, 2011). Pembangunan bendungan Batutegi merupakan alternatif bagi pembangunan irigasi Way Sekampung, disamping manfaat lain seperti pembangkit tenaga listrik, air baku, pariwisata, pengendalian banjir dan perikanan. Manfaat yang telah dirasakan dengan adanya pembangunan waduk Batutegi adalah terjadinya peningkatan areal tanam 53% pada musim rendeng dan 120% pada musim gadu di wilayah Kecamatan Pulau Panggung. Dengan asumsi rata-rata kebutuhan air tanaman padi sebanyak 4 mm/hari, maka total kebutuhan air tanaman adalah 10^6 mm/ha/hari.

Pembangkit listrik tenaga air yang terdapat di waduk Batutegi dengan kapasitas terpasang 28 MW (2×14 MW) dapat menghasilkan energi sebesar 100 GWh/tahun. Sedangkan untuk penyediaan air baku untuk minum adalah sebesar 2.250 liter/detik dengan wilayah cakupan yaitu Bandar Lampung 2000 liter/detik, Metro 200 liter/detik dan Branti 50 liter/detik.

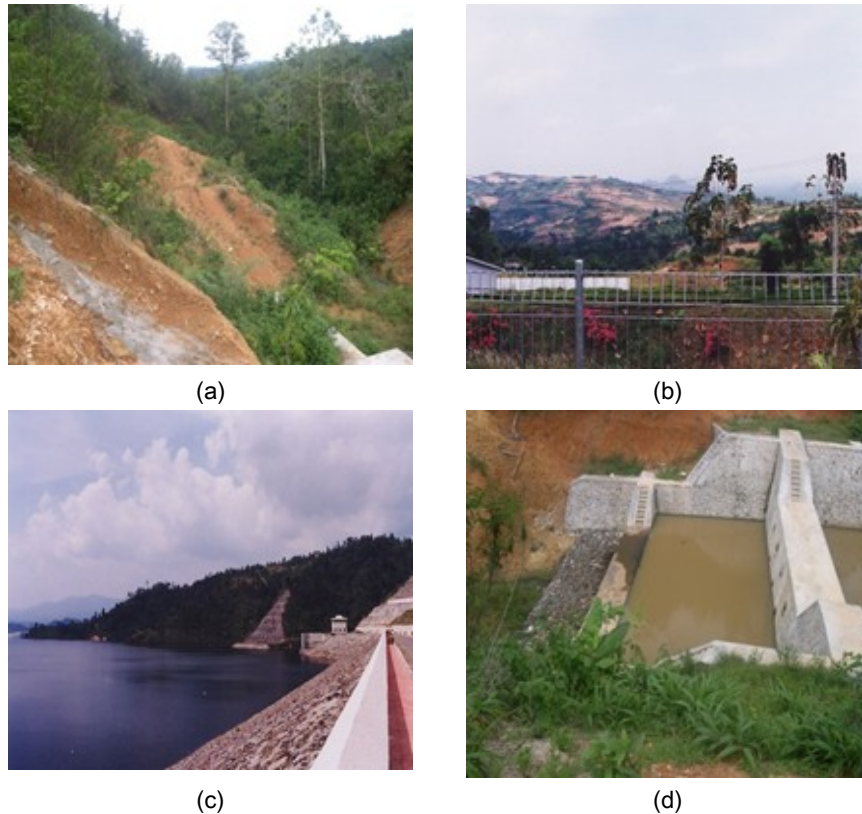
Waduk Batutegi mencakup daerah tangkapan (catchment area) seluas 424 km^2 . Tinggi muka air banjir maksimal (FWL) adalah 281,50 m dengan luas genangan $25,00 \text{ km}^2$ dan kapasitas genangan $860 \times 10^6 \text{ m}^3$, sedangkan muka air normal maksimal (NWL) adalah 274,00 m dengan luas genangan $21,00 \text{ km}^2$ dan kapasitas genangan $690 \times 10^6 \text{ m}^3$. Tinggi muka air minimum untuk operasi tenaga listrik 226,00 m dengan luas genangan $5,50 \text{ km}^2$ dan kapasitas genangan $90 \times 10^6 \text{ m}^3$, sedangkan muka air untuk operasi irigasi adalah 208,00 m dengan luas genangan $2,10 \text{ km}^2$ dan kapasitas

genangan $25 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dengan demikian kapasitas tampung efektif (elevasi 208 m-274 m) adalah $665 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Kondisi biofisik dan penggunaan lahan daerah tangkapan air (DTA) waduk Batutegi

Kondisi tanah di DTA waduk Batutegi sangat rentan terhadap erosi karena masih merupakan areal terbuka tanpa konservasi tanah. Sub DAS Way Jantan merupakan bagian dari DAS Way Sekampung yang merupakan daerah tangkapan air waduk Batutegi. Wilayah Sub DAS Way Jantan merupakan wilayah yang tidak termasuk dalam perencanaan untuk pemukiman. Kondisi permukaan tanah banyak terbuka/tanpa vegetasi dan belum terlihat adanya upaya konservasi tanah untuk mengurangi laju erosi (Gambar 1a dan b), sehingga kemungkinan terjadinya erosi sangat tinggi. Meskipun demikian upaya pembangunan *check dam* (Gambar 1d) untuk mengontrol sedimen telah dilaksanakan di Sub DAS Way Jantan .

Sub DAS Way Jantan luasnya 520 ha, menempati dua fisiografi yaitu: jalur aliran dan lungur vulkan yang mempunyai torehan termasuk dalam kategori sangat tetoreh, yaitu umumnya mempunyai bentuk wilayah berbukit dengan lereng lebih dari 25%, dan hanya sebagian kecil yang mempunyai bentuk wilayah bergelombang dengan lereng 15%. Areal yang memiliki kemiringan lereng 25% menempati porsi yang paling besar yaitu 32% dari seluruh total area. Tanah di daerah penelitian berkembang dari bahan aluvium dan tuf vulkan intermedier, membentuk tanah yang mempunyai perkembangan cukup dengan susunan horison A-B-C. Pada fisiografi jalur aliran terbentuk 4 jenis tanah yang berkembang dari bahan aluvium, diklasifikasikan dalam Typic Dystrudepts, Typic Endoaquepts, Aeric Endoaquepts, dan Aquic Dystrudepts (USDA, 1998). Sedangkan pada fisiografi lungur vulkan hanya terbentuk satu jenis tanah Typic Dystrudepts (USDA, 1998), yang mempunyai solum dalam ($>100 \text{ cm}$), dengan perbandingan kandungan pasir:debu:liat berkisar 5:32:63, konsistensi lembab umumnya gembur, sehingga mendukung perkembangan akar tanaman pada



Gambar 1. Kondisi umum lahan di sekitar waduk Batutegei (a + b), serta kondisi waduk (c) dan *check dam* di wilayah Sub DAS Way Jantan (d)

umumnya, akan tetapi karena menempati daerah dengan lereng yang cukup curam dengan kemiringan 25%, maka erosinya akan tinggi.

Penggunaan lahan di DTA Batutegei akan mempengaruhi kondisi waduk, baik fungsi waduk maupun umur guna waduk. Menurut Heryani *et al.* (2003), penggunaan lahan di Sub DAS Way Jantan yang juga merupakan bagian dari DTA waduk Batutegei dibagi menjadi empat kelompok utama yaitu: (a) tanaman tahunan (429,12 ha), (b) sawah (25,0 ha), (c) semak belukar (44,6 ha), dan (d). pemukiman (21,35 ha). Tanaman tahunan pada umumnya berupa kebun kopi rakyat. Kebun kopi rakyat di daerah ini sudah lama diusahakan yaitu sejak 1960-an, tetapi di lapangan sudah banyak yang mengalami peremajaan sehingga permukaan lahannya cukup rendah. Penggunaan lahan sawah dengan luasan 25,0 ha letaknya terpecah terdapat disekitar jalur aliran sungai Way Jantan.

Perkembangan tutupan lahan untuk beberapa tahun, dilaporkan oleh Broto (2009), penutupan lahan di DTA Waduk Batutegei (DAS Sekampung Hulu) dari hasil klasifikasi Citra Landsat Tahun 1992, 2000, dan Citra Aster Tahun 2007 menunjukkan terdapat 5 tipe penutupan lahan yaitu hutan, tanaman budidaya, semak belukar, permukiman, dan genangan waduk/tubuh air (Tabel 1). Tutupan lahan di DTA Waduk Batutegei pada tahun 1992 didominasi oleh hutan, namun pada tahun 2000 dan 2007 luas hutan terlihat menurun, sebaliknya tanaman budidaya (yang didominasi tanaman kopi), semak belukar, permukiman meningkat dan juga terjadi genangan air waduk dimulai tahun 2001.

Dalam kurun waktu 1992-2007 telah terjadi penurunan penutupan lahan hutan secara cepat yang diikuti dengan peningkatan tanaman budidaya dan semak belukar. Terjadinya penurunan presentase penutupan lahan secara cepat berpengaruh negatif terhadap besarnya

aliran permukaan dan sedimen yang pada akhirnya akan masuk ke waduk, sehingga mempengaruhi fungsi waduk karena debit minimum yang masuk ke dalam waduk menurun dari 8,3 m³/dtk pada tahun 1992 menjadi 2,33 dan 1,06 berturut-turut pada tahun 2000 dan 2007 (Broto, 2009).

Sebagai perbandingan, Sub DAS Cilalawi yang merupakan salah satu Sub DAS di DTA Waduk Jatiluhur dan merupakan *inlet* waduk, kondisi tutupan lahannya sejalan dengan di DTA waduk Batutegei yaitu telah terjadi perkembangan tutupan lahan yang kurang baik. Presentasi tutupan lahan hasil interpretasi Citra Satelit tahun 1992 dan tahun 2002 (Tabel 2) menunjukkan telah terjadi penurunan luas hutan, kebun campuran, kebun coklat, kebun teh, sawah, dan tegalan, serta peningkatan luas semak belukar, pemukiman dan tanah terbuka (Sutrisno *et al.*, 2003). Terjadinya penurunan

dan peningkatan tutupan lahan tersebut mengakibatkan semakin meningkatnya erosi atau meningkatnya sedimen sungai yang masuk ke waduk.

KERUSAKAN LAHAN DAN SEDIMENTASI DI WADUK BATUTEGEI

Kerusakan lahan di DTA suatu waduk/bendung dapat memicu terjadinya sedimentasi di waduk, menurunnya umur guna waduk, dan menurunnya fungsi waduk dari waktu ke waktu. Sehubungan dengan itu DAS dan Sub DAS yang berfungsi sebagai *inlet*, khususnya di DTA waduk harus dikelola dengan tepat. Pengelolaan DAS pada dasarnya bertujuan untuk melakukan pengelolaan terhadap sumberdaya alam yang terdapat di dalam DAS berdasarkan kondisi biofisiknya. Dalam hal ini pengelolaan DAS dilakukan dengan

Tabel 1. Luas penggunaan lahan DTA waduk Batutegei tahun 1992, 2000, dan 2007

Penggunaan lahan	Tahun 1992		Tahun 2000		Tahun 2007	
	ha	%*	ha	%*	ha	%*
Hutan	27.728,93	65,40	18.614,31	43,90	10.838,25	25,56
Tanaman budidaya	12.664,31	29,88	20.633,85	48,66	23.288,40	55,93
Semak belukar	1.976,93	4,66	2.912,97	6,87	6.852,34	16,16
Pemukiman	19,63	0,05	56,67	0,13	190,55	0,45
Tubuh air	10,21	0,02	182,20	0,43	1.230,45	2,90
Total	42.400	100	42.400	100	42.400	100

Sumber: Hasil analisis Citra Landsat tahun 1992, 2000, dan Aster 2007 (Broto, 2009)

* Persentase terhadap luas total DTA waduk Batutegei

Tabel 2. Penggunaan lahan Sub DAS Cilalawi tahun 1992 dan 2002

Penggunaan lahan	Tahun 1992	Tahun 2002	Perubahan
 ha ha	
Hutan	77,79	57,79	-23,1
Kebun campuran	2.677,13	2.395,18	-10,5
Kebun karet	257,99	677,64	162,7
Kebun jati	-	374,45	100
Kebun coklat	48,09	40,90	-15,0
Kebun teh	842,49	653,91	-22,4
Sawah	461,80	421,04	-8,8
Semak belukar	114,41	206,78	80,7
Tegalan	856,52	428,64	-50,0
Lahan terbuka	12,52	15,39	22,9
Pemukiman	668,85	743,87	11,2

Sumber: Sutrisno *et al.* (2003)

mempertimbangkan beberapa hal lain seperti penggunaan lahan dan sistem usahatani yang dilakukan di wilayah DAS, serta tindakan-tindakan konservasi tanah dan air yang telah ada. Penggunaan lahan dan sistem pertanaman akan berpengaruh terhadap konsentrasi aliran permukaan dan peningkatan laju aliran permukaan yang pada akhirnya akan mengakibatkan peningkatan sedimen di bagian hilir sungai atau akan masuk ke waduk bila sungai tersebut sebagai *inlet*.

Kerusakan tanah di tempat terjadinya erosi berupa kerusakan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah dapat mengakibatkan turunnya produktivitas lahan (Hashim *et al.*, 1998; Suwardjo, 1981). Kerusakan-kerusakan di tempat pengendapan adalah tertimbunnya lahan pertanian, pelumpuran dan pendangkalan waduk yang menyebabkan umur guna waduk berkurang dan terjadi pendangkalan sungai. Akibat lanjutannya adalah banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau (Arsyad, 2000; Lal, 1998). Sehubungan dengan kerugian-kerugian yang ditimbulkan oleh adanya erosi dan sedimentasi, maka diperlukan pencegahan erosi pada lahan pertanian dan sedimentasi di sungai.

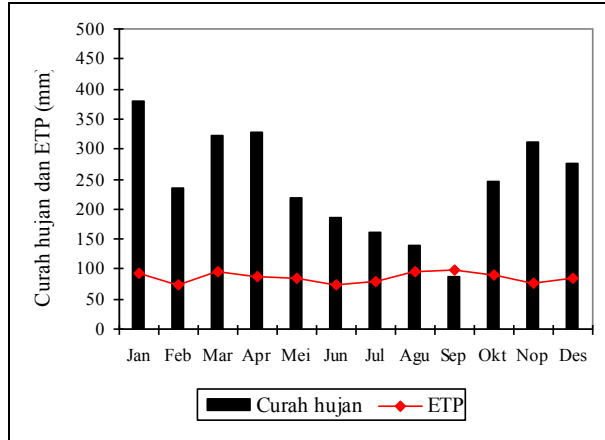
Sejalan dengan peningkatan penduduk yang pesat, kebutuhan akan pangan juga meningkat, mengakibatkan intervensi manusia terhadap proses alam terus meningkat, yaitu dengan perubahan tataguna lahan yang cepat berupa konversi lahan dan penambahan kawasan budidaya untuk berbagai tujuan. Gejala erosi dan sedimentasi sebagai salah satu manifestasi dari intervensi manusia tersebut merupakan aspek penting dalam menetapkan strategi pengelolaan daerah aliran sungai (Pawitan, 1999).

Perubahan tutupan lahan di DAS yang merupakan DTA suatu waduk, dapat berpengaruh terhadap sedimen yang akan masuk ke waduk. Bila tutupan lahan kurang baik (banyak area yang terbuka) maka erosi yang terjadi meningkat dan sedimen sungai yang masuk ke waduk menjadi besar sehingga banyak terjadi sedimentasi di dalam waduk. Hal ini akan berakibat pada menurunnya volume dan umur guna waduk. Erosi dan sedimentasi yang terjadi di DTA waduk Batutegei sudah melewati ambang batas seperti yang dilaporkan oleh Nippon Koei

Co. Ltd (2003) dan Banuwa (2008). Erosi yang terjadi rata-rata mencapai 67,5 t/ha/th dan telah melebihi ambang batas erosi yang dapat ditoleransi. Sedangkan tingkat sedimentasi waduk mencapai 5.696,73 t/km²/tahun dan telah melebihi batas toleransi sebesar 4.000 t/km²/tahun. Erosi yang tinggi disebabkan oleh banyaknya lahan terbuka karena adanya perubahan penggunaan lahan. Demikian juga sedimentasi waduk yang melebihi ambang batas akibat terjadinya erosi yang tinggi. Sedimentasi dalam waduk tinggi menyebabkan fungsi waduk kurang efisien dan umur guna waduk berkurang.

Berkaitan dengan kerusakan akibat perubahan penggunaan lahan yang semakin tidak terkendali dan hubungannya dengan tingginya aliran permukaan, sedimentasi DAS dan menurunnya produksi air DAS, maka kajian hubungan penggunaan lahan dengan erosi, sedimentasi dan produksi air DAS perlu dilakukan agar upaya peningkatan kuantitas, kontinuitas dan kualitas air dapat dipertahankan. Model terdistribusi *Agricultural non Point Source Pollution* (AGNPS) adalah salah satu model terdistribusi yang dapat memprediksi dengan baik, puncak aliran permukaan (banjir), hasil sedimen dan erosi lahan (Guluda, 1996; dan Lo, 1995). Kerusakan lahan di DAS karena tingginya erosi permukaan, sedimentasi dan *runoff* dapat diprediksi secara spasial dengan model AGNPS, sehingga lokasi-lokasi yang harus direhabilitasi dapat ditentukan secara tepat.

Curah hujan dan evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan selama 4 tahun disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa curah hujan bulanan terendah kurang dari 100 mm hanya terjadi pada bulan September dan lebih kecil dari evapotranspirasinya, sedangkan pada bulan-bulan lain menunjukkan curah hujan yang lebih besar dari 100 mm. Curah hujan tahunan mencapai 2.700-2.900 mm. Hasil prediksi Heryani *et al.* (2003) dengan menggunakan model AGNPS, dengan curah hujan 64,6 mm dan erosivitas hujan ($E_{I_{30}}$) sebesar 16,6, besarnya runoff yang terjadi di *outlet* Sub DAS Way Jantan adalah 2,54 mm. Hasil sedimen total (*sediment yield*) adalah 17,5 ton. Prediksi nitrogen, fosfor, dan COD terlarut dalam aliran permukaan masing-masing mencapai 0,88; 0,05; dan 135 ppm. Sedangkan



Gambar 2. Rata-rata curah hujan dan evapotranspirasi potensial bulanan di stasiun hujan otomatis Sumberjaya (tahun 2000-2003)

pada kejadian curah hujan yang lebih besar yaitu 131,4 mm dengan nilai E_{30} sebesar 63,6, besarnya runoff yang terjadi di outlet Sub DAS Way Jantan meningkat menjadi 22,8 mm. Hasil sedimen total meningkat menjadi 251,3 ton. Prediksi nitrogen, fosfor, dan COD terlarut dalam aliran permukaan masing-masing mencapai 0,83; 0,05; dan 150 ppm. Dengan demikian berdasarkan distribusi curah hujan bulanan dapat dipastikan bahwa hampir sepanjang tahun sedimen yang dihasilkan cukup tinggi, karena hanya pada bulan September manakala curah hujan kurang dari 100 mm sedimen yang dihasilkan lebih rendah.

Prediksi aliran permukaan, sedimen, dan erosi di Sub DAS Cilalawi yang merupakan inlet Waduk Jatiluhur dengan model AGNPS juga dilaporkan oleh Sutrisno *et al.* (2003). Prediksi dilakukan pada kondisi curah hujan 14,48 cm dengan nilai erosivitas hujan (E_{I30}) sebesar 171. Aliran permukaan yang terjadi pada tahun 2002 sama dengan yang terjadi pada tahun 1992 yaitu sebesar 2,80 cm. Sedimen yang terjadi pada tahun 2002 lebih tinggi dari pada yang terjadi pada tahun 1992, berturut-turut sebesar 14.506 ton pada tahun 2002 dan hanya 12.508 ton pada tahun 1992. Demikian juga erosi yang terjadi pada tahun 2002 lebih tinggi dari pada tahun 1992, berturut-turut sebesar 19,89 t/ha dan 18,26 t/ha. Perbedaan erosi dan sedimen disebabkan adanya perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Cilalawi, dimana luas hutan

menurun 23,14%, kebun teh menurun 22,38%, semak belukar meningkat 44,67%, demikian juga pemukiman meningkat 10,09%.

Pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap sedimen sungai berdasarkan hasil pengukuran dilaporkan oleh Sutrisno (2002). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan lahan merupakan faktor utama yang dapat menentukan sedimen yang terangkut sungai. Pada Sub DAS Ciliwung hulu yang sebagian besar penggunaan lahannya adalah tanaman teh dan hutan, sedimennya hanya 24,59 kg/ha dalam 10 hari hujan. Pada kondisi hujan yang sama di Sub DAS Ciliwung hulu yang sebagian besar ditanami tanaman pangan searah lereng, sedimennya sangat tinggi mencapai 502,67 kg/ha. Sedangkan pada Sub DAS Ciliwung hulu lainnya dimana penggunaan lahannya seimbang antara kebun campuran dan tanaman pangan serta ada sedikit hutan, sedimennya tidak terlalu tinggi yaitu mencapai 186,39 kg/ha. Sedimen yang paling tinggi sebesar 671,88 kg/ha terjadi di Sub DAS Ciliwung Hulu dengan penggunaan lahannya sebagian besar tanaman pangan dan sayuran yang ditanam searah lereng serta tanah terbuka.

ANALISIS SENSITIVITAS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI WADUK BATUTEGI

Dalam perencanaan penggunaan lahan pada suatu DAS yang bertujuan untuk mengurangi sedimen, perlu diketahui tutupan lahan yang ada, serta kondisi erosi yang terjadi. Menurut Walling (1994), Morris dan Fan (1998), erosi permukaan pada lahan kering merupakan sumber utama sedimen sungai yang terukur di outlet DAS. Tetapi tidak seluruh erosi permukaan akan mencapai outlet DAS karena faktor kondisi fisik DAS sangat menentukan sedimen sungai. Kondisi fisik lahan yang sangat mempengaruhi erosi, aliran permukaan, kecepatan arus sungai dan debit yaitu: kemiringan lereng, panjang lereng, penggunaan lahan, tindakan konservasi tanah yang dilakukan, erodibilitas tanah, infiltrasi dan luas DAS (Morris dan Fan, 1998; Ebisemuji, 1990; Kuhnle *et al.* 1996; Frangipane dan Paris, 1994). Selain itu perbedaan penggunaan

lahan menyebabkan perbedaan hasil sedimen di outlet DAS.

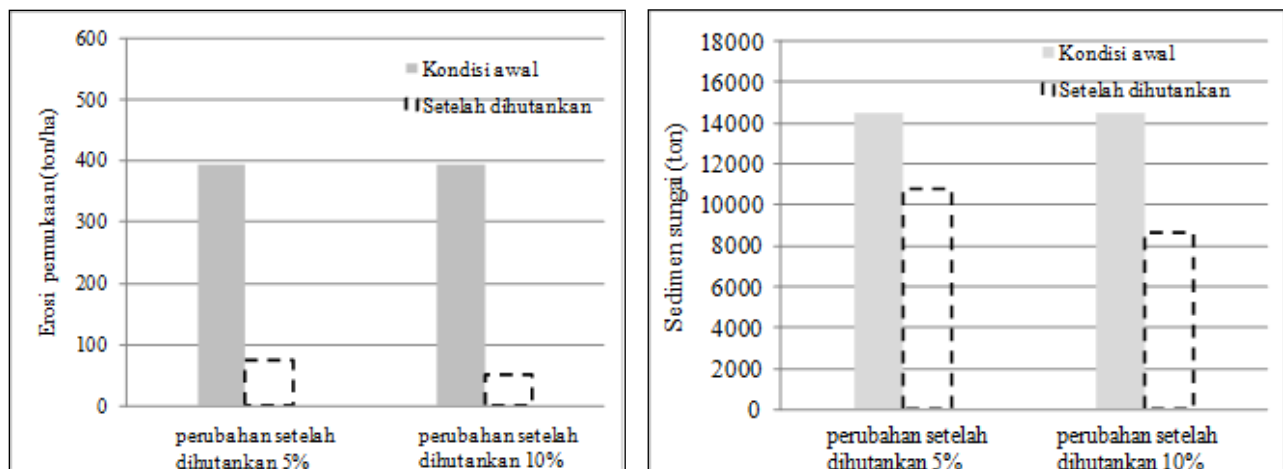
Dalam menentukan perencanaan penggunaan lahan untuk menentukan proporsi penggunaan lahan terbaik di DTA waduk, harus dilakukan analisis sensitivitas pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap sedimen dari Sub DAS yang merupakan *inlet* waduk dan berada pada DTA waduk. Berdasarkan analisis sensitivitas dapat diketahui kondisi tutupan lahan atau penggunaan lahan tertentu yang berpengaruh paling dominan. Dalam pelaksanaannya, ditentukan skenario perubahan penggunaan lahan dalam upaya mengurangi aliran permukaan dan sedimentasi antara lain dengan mengubah beberapa jenis penggunaan lahan yang potensial untuk terjadinya peningkatan aliran permukaan menjadi penggunaan lahan yang dapat mengurangi aliran permukaan dan sedimen. Skenario perubahan penggunaan dengan model AGNPS telah divalidasi di Sub DAS Ciliwung Hulu yang menunjukkan bahwa prediksi sedimen di Sub DAS tersebut tidak berbeda nyata dengan sedimen berdasarkan hasil pengukuran (Sutrisno, 2002).

Hasil analisis di DTA waduk Batuteqi menunjukkan bahwa pengurangan penggunaan semak sebanyak 5% dari total area atau setara dengan pengurangan sekitar 26 ha semak menjadi hutan dapat menurunkan sedimen sebanyak 6% atau mencapai 16 ton. Sedangkan kombinasi perubahan 6% semak dan 4% lahan

yang ditanami kopi menjadi hutan dapat menurunkan sedimen sebanyak 13%. Perubahan kombinasi penggunaan lahan tersebut di atas lebih besar menurunkan sedimen dibandingkan dengan hanya terjadi perubahan 5% semak menjadi hutan. Apabila terjadi perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Way Jantan sebanyak 10% dari total area mencakup semak sebanyak 6% (32 ha) dan kebun campuran sebanyak 4% (20 ha) menjadi hutan dapat menurunkan sedimen menjadi 210 ton atau terdapat penurunan sedimen sebanyak 16% (Heryani *et al.*, 2003). Untuk mengurangi laju sedimen sungai sebanyak 13-16%, komposisi penggunaan lahan yang dianjurkan yaitu 79% tanaman tahunan (didominasi kopi), 5% sawah, 8% semak belukar dan masing-masing 4% untuk pemukiman dan hutan.

Sejalan dengan Sub DAS Way Jantan, analisis sensitivitas yang diterapkan di Sub DAS Cilalawi menunjukkan terjadi pengurangan erosi permukaan dan sedimen sungai setelah dilakukan reboisasi atau dihutankan 5% dan 10% (Gambar 3). Erosi permukaan awalnya sebesar 393,33 t/ha setelah dihutankan 5% menurun menjadi 73,46 t/ha dan setelah dihutankan 10% lebih menurun lagi hanya sebesar 51,84 t/ha

Demikian juga sedimen sungai pada awalnya sebesar 14.504,30 ton, setelah dihutankan 5%, sedimen sungai menurun menjadi 10.765,40 ton dan setelah dihutankan



Gambar 3. Penurunan erosi permukaan dan sedimen sungai di Sub DAS Cilalawi setelah terdapat perubahan penggunaan lahan menjadi hutan

10% sedimen sungai lebih menurun lagi, hanya sebesar 8.634 ton (Sutrisno *et al.*, 2003). Hasil prediksi perubahan penggunaan lahan dapat dijadikan dasar dalam menentukan perencanaan penggunaan lahan dalam menata DTA suatu waduk agar sedimentasi yang terjadi tidak melebihi batas ambang yang sudah direncanakan.

KESIMPULAN

1. Memburuknya kondisi tutupan lahan di DAS yang merupakan DTA waduk Batutegei menyebabkan tingginya sedimen yang masuk ke sungai dan mengendap dalam waduk. Sedimen yang masuk dan mengendap dalam waduk Batutegei telah melebihi ambang batas sehingga fungsi waduk kurang efisien dan umur guna waduk berkurang.
2. Berdasarkan hasil prediksi dengan menggunakan model AGNPS pada curah hujan 64,6 mm dan erosivitas hujan (EI_{30}) sebesar 16,6, besarnya runoff yang terjadi di *outlet* Sub DAS Way Jantan adalah 2,54 mm. Hasil sedimen total (*sediment yield*) adalah 17,5 ton. Bila curah hujan meningkat sebesar 131,4 mm dengan nilai EI_{30} 63,6, besarnya runoff yang terjadi di *outlet* Sub-sub DAS Way Jantan meningkat menjadi 22,8 mm. Hasil sedimen total meningkat menjadi 251,3 ton.
3. Perencanaan perubahan penggunaan lahan sebesar 5% semak belukar hanya dapat menurunkan sedimen sebesar 6% atau setara dengan 16 ton. Apabila perubahannya mencakup 6% semak dan 4% lahan yang ditanami kopi menjadi hutan dapat menurunkan sedimen sebanyak 13%.
4. Komposisi penggunaan lahan yang diusulkan di Sub DAS Way Jantan yang merupakan DTA Waduk Batutegei untuk mengurangi laju sedimentasi waduk adalah seluas 13-16%, yaitu 79% tanaman tahunan (kopi), 5% sawah, 8% semak belukar, dan masing-masing 4% untuk pemukiman dan hutan.

SARAN

Untuk mengurangi sedimentasi waduk Batutegei, pengelolaan lahan yang diterapkan harus berdasarkan sub DAS yang lebih kecil karena setiap sub DAS memiliki karakteristik lahan (biofisik dan penggunaan lahan) yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. Lampung fokus pada pemeliharaan irigasi. Hak Cipta © 2012, Pusat Komunikasi Publik Kementerian Pekerjaan Umum. <http://pustaka.pu.go.id/new/artikel-detail>.
- Amron. 2011. Jumlah bendungan besar di Indonesia capai 284 buah. <http://www1.pu.go.id/uploads/berita/ppw110811dsda.htm>.
- Anonim. 2011. Sejarah singkat bendungan Batutegei. Batutegei_Hepp.
- Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Cetakan ke-3. Penerbit IPB (IPB Press).
- Banuwa, I.S. 2008. Pengembangan Alternatif Usahatani Berbasis Kopi untuk Pembangunan Pertanian Lahan Kering Berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu; [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Balai Pustaka. 2002. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Edisi Ketiga. Jakarta.
- Broto, A.H. 2009. Kajian Perubahan Penutupan Lahan dan Arahan Pengelolaan Ruang Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Batutegei Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Carson, B. 1989. Soil conservation for upland areas of Indonesia. East-West Environment and Policy Institute. Occasional Paper No. 9.
- Ebisemiju, F.S. 1990. Sediment delivery ratio prediction equations for short catchment slopes in a humid tropical environment. *Journal of Hydrology* 114: 91-208.

- Frangipane, A. and E. Paris. 1994. Long term variability of sediment transport in the Ombrone River Basin (Italy). *In* Olive, L.J *et al.* (Eds.) Variability in Stream erosion and Sediment Transport. IAHS Publication No. 224.
- Guluda, D.R. 1996. Penggunaan model AGNPS untuk memprediksi aliran permukaan, sedimen, dan hara N, P, dan COD di daerah tangkapan Citere, sub DAS Citarik, Pangalengan (tesis). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Hashim, G.M., K.J. Coughlan, and J.K. Syers. 1998. On-sit nutrient depletion: an effect and a cause of soil erosion. Pp 207-221. *In* P.D. Vries, F. Agus, F., J. Kerr (Eds.) Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methodes for Assesing Causes and Impacts. CABI. Publishing.
- Heryani, N., N. Sutrisno, Sudrajat, K. Sudarman, dan Sawiyo. 2003. Prediksi Sedimen Sungai dan Aliran Permukaan untuk Menurunkan Laju Sedimentasi Waduk Batutegei Tanggamus. Laporan Hasil Penelitian. Kerjasama Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dengan Pemerintah Daerah Kabupaten Tanggamus. (tidak dipublikasikan).
- Kuhnle, R.A., R.L. Binger, G.R. Foster, and E.H. Grissinger. 1996. Effect of land use changes on sediment transport in Goodwin Creek. *Water Resources Research* 32(10):3189-3196.
- Lal, R. 1998. Agronomic consequences of soil erosion. Pp 149-160. *In* P.D. Vries, F. Agus, F., J. Kerr (Eds.). Soil Erosion at Multiple Scales. Principles and Methodes for Assesing Causes and Impacts. CABI. Publishing.
- Lo, K.F.A. 1995. Erosion assessment of large watersheds in Taiwan. *Journal of Soil and Water Conservation* 50(2):180-183.
- Morris, G.L. and J. Fan. 1998. Reservoir Sedimentation Handbook. Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use. McGraw-Hill. New York, San Fransisco, Washington D.C., Auckland, Bogota, Caracas, Lisbon, London, Madrid, Mexico city, Milan, Montreal, New Delhi, San Juan, Singapore, Sydney, Tokyo, Toronto.
- Nippon Koei Co. Ltd. 2003. Studi Kelayakan Proyek Pengembangan Wilayah Hilir Way Sekampung. Way Sekampung Irrigation Project. JBIC Loan No. IP-387. Bandar Lampung.
- Pawitan, H. 1999. Hidrologi Daerah Aliran Sungai Suatu Pendekatan Analisis Sistem. Bahan kuliah Dosen-dosen Perguruan Tinggi Indonesia Bagian Barat dalam Bidang Agroklimatologi. Kerjasama Jurusan Geomet IPB dengan Bagpro Peningkatan Kualitas SDM DIKTI. Depdikbud.
- Sutrisno, N., G. Irianto, N. Heryani, dan Sudrajat. 2003. Laporan Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Aliran Permukaan, Sedimen dan Produksi Air Daerah Aliran Sungai. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi-Perum Jasa Tirta II.
- Sutrisno, N. 2002. Pendugaan Erosi Skala Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Erosi pada Lahan. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Suwardjo, 1981. Peranan Sisa-Sisa Tanaman dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Tanaman Semusim. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- USDA. 1998. Keys to Soil Taxonomy. Eight Edition. United States Dept. of Agric. Natural Resources Conservation Service.
- Verbist, B. 2001. Watershed management, GIS and environmental indicators. case study of Sumberjaya, Lampung, Sumatra. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (tidak dipublikasikan).
- Walling, D.E. 1994. Measuring sediment yield from river basins. Pp 39-80. *In* Lal R. Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. St. Lucie Press.