KUALITAS ALIRAN SUB DAS WUNO DAN MIU DAS PALU (*Discharge Quality of Wuno and Miu Sub Watershed, Palu Watershed*)

Oleh/By :

Ogi Setiawan dan/and Hunggul Yudono SHN

ABSTRACT

The aims of the research were to find out discharge quality information of Wuno and Miu sub watershed, Palu watershed as the impact landuse practice in the watershed and information to determine landuse alternative direction. To achieve the research aims, it used Agriculture Non Point Source Pollution Model (AGNPS) approach. The model is a grid-base model with three basic components: hydrology, erosion and nutrient. AGNPS model is also able to locate the landuse which is the most contributor for erosion and nutrient pollutant. The results showed as follows: At Wuno sub watershed, erosion level was 0.71 ton/ha and 13,451 ton of sedimentation for 53 mm rainfall event. It was equal to 13.53 ton/ha/year for 978.8 mm annual rainfall. The source of erosion was shifting cultivation. Water soluble nutrients were 29.49 mg/liter for nitrogen (N), 0.09 mg/liter for phosphorus (P) and 124 mg/liter for COD. Water soluble N and COD were higher than maximum allowance for drink water, fishery, agriculture and livestock. Otherwise the water soluble P was lower for all water used. The sources of nutrient pollutant were shifting cultivation and mixed garden. At Miu sub watershed, for 65 mm rainfall event, erosion level was 0.41 ton/ha and sedimentation 7,965 ton. It was equal to 6.93 ton/ha/year for 1,118.5 mm annual rainfall. Shifting cultivation, mixed garden and cacao garden were the source of erosion. Water soluble N (1.25 mg/liter), P (0.13 mg/liter) and COD (19 mg/liter) was lower than maximum allowance for all water used. Landuse management direction for each sub watershed were implementation of soil and water conservation, implementation of agroforestry system, reversion of protection region, reduction of non-organic fertilizer and substitute with organic fertilizer.

Key words : Discharge quality, AGNPS model

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang kualitas aliran sub DAS Wuno dan sub DAS Miu, DAS Palu sebagai dampak pengelolaan lahan serta informasi untuk menentukan arahan pengelolaan lahan di DAS tersebut. Untuk mencapai tujuan tersebut digunakan pendekatan model, dalam hal ini model AGNPS. Model AGNPS merupakan model kejadian hujan yang berbasis sel segi empat dengan tiga komponen utama yaitu hidrologi, erosi, dan unsur hara. Model ini juga mampu menentukan sumber erosi dan pencemar. Hasil penelitian di sub DAS Wuno pada kejadian hujan 53 mm, erosi yang dihasilkan adalah 0,71 ton/ha dengan hasil sedimen 13.451 ton atau setara dengan 13,53 ton/ha/tahun untuk curah hujan tahunan 978,8 mm. Sumber erosi di sub DAS Wuno adalah ladang. Konsentrasi unsur hara adalah 29,49 mg/liter untuk N; 0,09 mg/liter untuk P; dan 124 mg/liter untuk COD. Konsentrasi N dan COD melebihi batas maksimum yang diperbolehkan untuk air minum, perikanan, pertanian, dan peternakan. Sedangkan konsentrasi P masih berada di bawah ambang batas maksimum. Adapun sumber pencemar unsur hara adalah ladang dan kebun campuran. Pada kejadian hujan 65 mm, tingkat erosi di sub DAS Miu adalah 0,41 ton/ha dengan hasil sedimen 7.965 ton. Bila curah hujan tahunan 1.118,5 mm maka erosi yang terjadi setara dengan 6,93 ton/ha/tahun. Ladang, kebun campuran, dan coklat merupakan sumber erosi terbesar. Konsentrasi N (1,25 mg/liter), P (0,13 mg/liter), dan COD (19 mg/liter) masih ada di bawah ambang batas maksimum yang diperbolehkan untuk semua pemanfaatan air. Arahan pengelolaan lahan untuk kedua sub DAS secara umum adalah penerapan teknik konservasi tanah dan air, penerapan sistem *agroforestry*, pengembalian kawasan fungsi lindung, dan pengurangan pemakaian pupuk non organik dan diganti dengan pupuk organik.

Kata kunci : Kualitas aliran, model AGNPS

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu sistem yang kompleks di mana di dalamnya terjadi suatu keseimbangan dinamik dari energi dan material yang masuk (*input*) dan yang keluar (*output*) (Haeruman, 1994). Di samping itu, komponen-komponen sistem DAS, baik berupa sumberdaya air, tanah dan vegetasi, mempunyai peranan penting dan saling berhubungan satu dengan lainnya. Oleh sebab itu adanya gangguan terhadap salah satu komponen DAS akan mempengaruhi komponen lain serta keseimbangan DAS itu sendiri. Perubahan komponen tersebut, selain disebabkan oleh faktor alam juga dapat disebabkan oleh faktor manusia.

Manusia dan segala aktivitasnya dalam DAS merupakan salah satu penyebab terjadinya perubahan keseimbangan DAS yang pada dasarnya semua itu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Idealnya segala kegiatan tersebut harus disesuaikan dengan kemampuan dan daya dukung DAS itu sendiri. Namun tidak dapat dipungkiri kegiatan ini dapat menjadi ancaman bagi kondisi lingkungan dan kelestarian DAS. Jadi, suatu perencanaan dan arahan pola pengelolaan DAS yang baik dan komprehensif amat diperlukan.

Berdasarkan pemikiran bahwa DAS adalah sistem hidrologi, di mana curah hujan sebagai masukan serta debit sebagai luaran, perencanaan pengelolaan DAS akan lebih optimal bila didasarkan pada fenomena hidrologi DAS. Kondisi hidrologi DAS juga dapat dijadikan sebagai indikator pengelolaan tata guna lahan di daerah tangkapan DAS. Salah satu indikator dimaksud yang terpenting adalah debit, baik kualitas, kuantitas, dan distribusinya. Oleh sebab itu kajian kondisi aliran DAS sebagai dasar perencanaan kegiatan pengelolaan selanjutnya amat diperlukan.

Sebagai satu unit pengelolaan, DAS Palu merupakan DAS potensial dan

mempunyai peranan penting bagi masyarakat sekitar. Selain itu juga, DAS Palu mempunyai karakteristik iklim kering di bagian hilir (lembah Palu) dan basah di bagian hulu. Kondisi iklim ini akan sangat berpengaruh terhadap usaha pertanian, yang membutuhkan suplai air sepanjang tahun. Di sisi lain juga kegiatan manajemen tata guna lahan belum optimal, seperti ditandai dengan semakin meningkatnya luas lahan kritis. Pada penelitian ini telah dipilih dua sub DAS yang dianggap mempunyai data lengkap dan dapat mewakili kondisi sub DAS bagian hulu dan bagian tengah DAS Palu, yakni sub DAS Wuno dan sub DAS Miu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data dan informasi tentang kondisi aliran sebagai dampak pengelolaan lahan di sub DAS Wuno dan sub DAS Miu, DAS Palu dan informasi untuk menentukan alternatif pengelolaan tata guna lahan.

Hasil kegiatan penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar dalam penentuan arah kebijakan pengelolaan tata guna lahan DAS Palu oleh para pengambil kebijakan di daerah dan pusat.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di sub DAS Wuno (19.000 ha) dan sub DAS Miu (19.781 ha), DAS Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara administrasi pemerintahan kedua sub DAS tersebut termasuk wilayah Kabupaten Donggala. Kegiatan ini dilaksanakan dari bulan Juli sampai dengan Desember 2001.

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah peta topografi, peta tanah, dan peta tata guna lahan. Sedangkan alat yang dipergunakan adalah AWLR (*Automatic Water Level Recorder*), ARR (*Automatic Rainfall Re-*

corder), ombrometer, botol sampel, plastik sampel, dan seperangkat komputer.

C. Cara Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari pengumpulan dan pengamatan di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari laporan instansi terkait.

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dikumpulkan adalah curah hujan harian. Pada kedua sub DAS telah ditempatkan penakar hujan, baik penakar hujan manual (ombrometer) maupun penakar hujan otomatis (ARR). Data hujan dari stasiun hujan milik instansi lain (Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah) yang ada di sekitar DAS juga dikumpulkan.

2. Data Tinggi Muka Air (TMA)

Data TMA yang dikumpulkan yaitu digunakan untuk mendapatkan data hasil perhitungan besarnya debit. Pada masing-masing sub DAS telah dipasang alat pengukur TMA otomatis. Data TMA yang dikumpulkan adalah data harian.

3. Data Input Model AGNPS

Pengumpulan data sebagai data masukan model terdiri dari tiga tahapan yaitu interpretasi peta, penelitian di lapangan, dan analisis laboratorium.

a. Interpretasi Peta

Areal DAS pengamatan dibagi ke dalam sel-sel segi empat dengan ukuran $2 \times 2 \text{ cm}^2$. Apabila dalam satu sel tingkat keragamannya tinggi maka dapat dibagi ke dalam divisi sel sampai 1/16 kali. Berdasarkan peta topografi diperoleh kemiringan sel, panjang lereng, dan arah kelerengan sebagai dasar penentuan arah aliran. Dari peta tanah dan tata guna lahan akan diperoleh jenis tanah dan tipe penutupan lahan tiap sel.

b. Penelitian Lapangan

Nilai-nilai masukan model yang tidak diperoleh pada kegiatan interpretasi peta, dapat diperoleh pada tahapan penelitian lapangan. Tahapan penelitian lapangan pada intinya terdiri dari pengamatan kondisi umum DAS, pengambilan sampel tanah pada tiap tipe tata guna lahan, penentuan nilai CP, manajemen dan penutupan lahan serta teknik konservasi, pengambilan sampel air di titik keluaran DAS pengamatan, dan pengamatan pengelolaan lahan dan penggunaan pupuk.

c. Analisis Laboratorium

Sampel air yang telah dikumpulkan dianalisis untuk memperoleh kandungan sedimen dan unsur hara N, P, dan COD. Sedangkan dari sampel tanah diperoleh kandungan bahan kimia, tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik sebagai hasil analisis.

D. Analisis Data

1. Curah Hujan, Debit, dan Kualitas Aliran

Data curah hujan yang diperoleh, baik hasil pengukuran maupun pengumpulan dari instansi terkait, dianalisis untuk memperoleh curah hujan rata-rata wilayah menggunakan metode poligon Thiessen (Asdak, 2002).

Debit harian diperoleh dengan menggunakan perhitungan *Rating Curve* yang telah dibuat dengan Tinggi Muka Air sebagai variabel bebasnya. Besarnya debit yang diperoleh merupakan debit harian dan dianalisis pola distribusinya secara temporal, serta ditentukan debit maksimum dan minimum selama periode pengamatan. Adapun persamaan umum *rating curve* adalah :

$$Q = a H^b$$

dimana

Q = Debit (m^3/detik)

H = Tinggi Muka Air (m)

a, b = konstanta

Pada kegiatan penelitian ini, kualitas aliran meliputi erosi, kandungan unsur hara (N, P, dan COD) beserta sumbernya dengan menggunakan model AGNPS. Model AGNPS dikembangkan oleh *United State Departement of Agriculture-Agriculture Research Service (USDA-ARS)* yang bekerja dengan berbasis sel segi empat dengan tiga komponen utama yaitu hidrologi, erosi, dan unsur hara. Model AGNPS merupakan model satu kejadian hujan (Young, 1994).

2. Entri, Validasi, dan Simulasi Model

Semua data dan nilai dari hasil pengumpulan data dianalisis sedemikian rupa sehingga diperoleh nilai-nilai parameter masukan model tiap sel, dan selanjutnya nilai tersebut dimasukkan ke dalam model. Data masukan model terdiri dari dua yaitu *input* inisial data dan *input* tiap sel. Inisial data terdiri dari curah hujan, intensitas, luas, dan jumlah sel. *Input* tiap sel terdiri dari identitas sel, penggunaan lahan, karakteristik lereng, sifat tanah, tingkat pemupukan, indikator saluran, indikator *point source*, indikator tambahan erosi, dan faktor genangan.

Validasi model dilakukan untuk menguji tingkat keakuratan model dengan membandingkan parameter keluaran model dengan hasil pengukuran di

lapangan. Uji statistik yang digunakan dalam validasi ini adalah Uji-t (*t-test*). Parameter yang diujikan adalah kandungan sedimen dan unsur hara.

Setelah model divalidasi, maka dilakukan simulasi model. Simulasi yang dilakukan adalah dengan mencari nilai curah hujan dan intensitasnya yang menyebabkan kejadian debit maksimum atau mulai menyebabkan terjadinya aliran permukaan. Setelah diketahui nilai-nilai tersebut, dilakukan simulasi guna memperoleh data erosi, unsur hara beserta sumbernya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Curah Hujan

Curah hujan merupakan *input* dari sistem DAS. Untuk DAS yang luas maka data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan rata-rata wilayah dari beberapa stasiun penakar curah hujan yang ada di dalam atau di sekitar DAS. Data hujan wilayah di sub DAS Wuno menggunakan empat data penakar hujan sedangkan di sub DAS Miu menggunakan tiga penakar hujan. Curah hujan rata-rata wilayah di sub DAS Wuno dan sub DAS Miu, DAS Palu pada tahun 2001 disajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Curah hujan bulanan rata-rata wilayah di sub DAS Wuno dan Miu, DAS Palu pada tahun 2001 (*Regional average monthly rainfall at Wuno and Miu sub watershed, Palu watershed in 2001*)

Bulan (Month)	Curah hujan bulanan rata-rata wilayah (<i>Regional average monthly rainfall</i>) (mm)	
	Sub DAS Wuno (<i>Wuno sub watershed</i>)	Sub DAS Miu (<i>Miu sub watershed</i>)
Januari	77,6	149,0
Februari	61,2	138,2
Maret	74,7	131,0
April	88,1	132,0
Mei	103,0	93,1
Juni	93,7	143,9
Juli	103,7	110,7
Agustus	90,5	83,2
September	79,2	79,6
Oktober	70,3	70,6
Nopember	91,3	177,5
Desember	58,0	58,3
Jumlah (Total)	978,7	1118,5

Berdasarkan Tabel 1, curah hujan rata-rata bulanan maksimum untuk sub DAS Wuno terjadi pada bulan Juli sebesar 103,7 mm dan curah hujan minimum terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 58 mm. Selama periode pengamatan terdapat dua bulan basah ($CH > 100$ mm), satu bulan kering ($CH < 60$ mm), dan sisanya merupakan bulan lembab ($CH 60-100$ mm). Sedangkan di sub DAS Miu, curah hujan rata-rata wilayah relatif lebih besar. Puncak hujan terjadi pada bulan Nopember dan di bulan Desember merupakan bulan dengan curah hujan terkecil. Rekaman data curah hujan di kedua sub DAS menunjukkan secara umum curah hujan merata sepanjang tahun.

B. Karakteristik DAS

Karakteristik fisik DAS dalam sistem DAS merupakan prosesor yang akan merespon *input* curah hujan menjadi *output* berupa debit. Beberapa karakteristik DAS yang penting adalah kelerengan, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Berdasarkan analisis peta topografi dan data penggunaan lahan dari BP DAS Palu (2000), pada Tabel 2 disajikan pengguna-

an lahan dan kelas kelerengan di sub DAS Wuno dan sub DAS Miu.

Berdasarkan Tabel 2, di sub DAS Wuno dan Miu secara umum masih didominasi oleh hutan, baik hutan primer maupun sekunder. Namun demikian kondisi hutan di kedua sub DAS terutama hutan sekunder sudah banyak lahan terbuka yang akan dijadikan sebagai tempat bercocok tanam. Di sub DAS Wuno, lahan ladang yang berpotensi sebagai sumber erosi karena tidak menerapkan teknik konservasi tanah dan air dengan benar serta berada pada kelas kelerengan curam ($> 40\%$) mempunyai luas yang cukup besar sekitar 25 %. Pada kedua sub DAS, kondisi topografi didominasi oleh kelas lereng V dan VI. Hal ini perlu mendapat perhatian karena akan memicu potensi erosi terutama bila dijadikan lahan budidaya. Jenis tanah yang mendominasi kedua sub DAS adalah Podsolik Merah Kuning. Jenis tanah ini mempunyai tekstur yang relatif berat dengan struktur gumpal, agregat kurang stabil, dan permeabilitas rendah (Darmawijaya, 1990). Jenis tanah ini termasuk ke dalam kelompok tanah yang peka terhadap erosi.

Tabel (Table) 2. Penyebaran penggunaan lahan dan kelas kelerengan di sub DAS Wuno dan Miu, DAS Palu (*Distribution of landuse and slope class at Wuno and Miu sub watershed, Palu watershed*)

Penggunaan lahan (<i>Landuse</i>) (<i>ha</i>)	Kelas lereng (<i>Slope class</i>) (%)				Jumlah
	III (8-15 %)	IV (15-30 %)	V (30-45 %)	VI (>45 %)	
Sub DAS Wuno (<i>Wuno sub watershed</i>)					
Belukar (<i>Shrubs</i>)		250	100		350
Hutan primer (<i>Primary forest</i>)	100	3025	2275	1875	7275
Hutan sekunder (<i>Secondary forest</i>)	50	275	200	850	1375
Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)		25	75		100
Ladang (<i>Shifting cultivation</i>)	150	475	4075	825	5525
Padang rumput (<i>Meadow</i>)	100	375	925	2075	3475
Pemukiman (<i>Settlement</i>)		900			900
Jumlah (<i>Total</i>)	400	5325	7650	5625	19000
Sub DAS Miu (<i>Miu sub watershed</i>)					
Coklat (<i>Cacao</i>)		25	68,75	25	118,75
Hutan primer (<i>Primary forest</i>)	131,25	1618,75	5938,75	4094	11782,75
Hutan sekunder (<i>Secondary forest</i>)	25	1999	3701,25	1698	7423,25
Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)		125	50		175
Ladang (<i>Shifting cultivation</i>)		25	150	25	200
Pemukiman (<i>Settlement</i>)		25			25
Sawah (<i>Rice field</i>)		56,25			56,25
Jumlah (<i>Total</i>)	156,25	3874	9908,75	5842	19781

Sumber (*Source*) : BP DAS Palu (2000)

C. Debit

Dalam sistem DAS debit merupakan *output* dari respon karakteristik DAS terhadap *input* curah hujan. Kualitas debit (aliran) dapat dijadikan sebagai indikator pengelolaan lahan di DAS yang bersangkutan. Perhitungan debit harian untuk kedua sub DAS didasarkan pada persamaan *Rating Curve* yang telah dibuat. Adapun persamaan *Rating Curve* untuk sub DAS Wuno adalah $Q = 27,58 (H - 0,22)^{1,633}$, sedangkan untuk sub DAS Miu adalah $Q = 28,575 H^{2,084}$, di mana Q adalah debit (m³/detik) dan H adalah Tinggi Muka Air (m). Berdasarkan kedua persamaan tersebut maka diperoleh data debit di kedua sub DAS yang disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan data debit pada Tabel 3, di sub DAS Wuno debit maksimum terjadi pada bulan Juni sebesar 20,34 m³/detik. Sedangkan debit minimum sebesar 7,76 m³/detik terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, dan Oktober. Pola distribusi debit di sub DAS Wuno pada tahun 2001, menunjukkan pola yang menyebar sepanjang tahun dengan puncaknya terjadi pada bulan Juni.

Debit maksimum yang terjadi selama periode pengamatan di sub DAS Miu adalah 32,26 m³/detik, yang terjadi pada

bulan April. Sedangkan debit minimum terjadi pada bulan Januari dan Maret sebesar 4,69 m³/detik. Kondisi debit sepanjang tahun dari sub DAS Miu juga relatif merata. Kondisi ini sangat mendukung dalam pemenuhan kebutuhan air di daerah hilir terutama untuk kebutuhan pertanian dan konsumsi. Namun demikian dalam pengelolaan DAS selain kuantitas, maka kualitas aliran juga tidak kalah penting sebagai indikator pengelolaan yang dilakukan.

D. Kualitas Aliran

1. Sub DAS Wuno, DAS Palu

Berdasarkan hasil interpretasi peta, pengamatan lapangan dan analisis laboratorium diperoleh parameter *input* model AGNPS. Parameter-parameter *input* model AGNPS disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan data debit aktual hasil pengukuran di lapangan, telah dipilih satu data kejadian hujan yang menyebabkan debit maksimum. Kejadian hujan tersebut adalah 53 mm dengan intensitas hujan 18,4 mm/jam yang menyebabkan debit sebesar 20,345 m³/detik. Hasil pendugaan kualitas aliran di titik keluaran (*outlet*) sub DAS Wuno disajikan pada Tabel 5.

Tabel (Tabel) 3. Debit rata-rata, maksimum, dan minimum di sub DAS Wuno dan Miu, DAS Palu pada tahun 2001 (*Average, maximum, and minimum discharge at Wuno and Miu sub watershed, Palu watershed*)

Bulan (Month)	Debit di sub DAS Wuno			Debit di sub DAS Miu		
	(Discharge at Wuno sub watershed) (m ³ /det)			(Discharge at Miu sub watershed) (m ³ /det)		
	Rata-rata (Average)	Maksimum (Maximum)	Minimum (Minimum)	Rata-rata (Average)	Maksimum (Maximum)	Minimum (Minimum)
Januari	8,74	12,3	7,76	9,45	20,8	4,69
Februari	9	12,6	7,76	7,4	11,6	6,19
Maret	8,08	9,18	7,76	6,34	10,9	4,69
April	10,3	16,1	8,32	8,59	32,3	5,41
Mei	11,7	15,7	8,6	6,88	13,6	5,16
Juni	12,8	20,3	11,3	9,74	18,9	6,74
Juli	11,6	14,7	9,78	8,63	18,9	5,92
Agustus	10,9	14,7	8,89	9,95	29,2	6,46
September	9,49	12,9	8,32	6,52	8,86	5,66
Oktober	8,81	12,6	7,76	7,3	12,4	6,19
Nopember	9,83	12,6	8,32	13,4	24	7,91
Desember	9,83	12,6	8,32	7,78	10,5	5,92

Tabel (Table) 4. Parameter-parameter masukan model AGNPS di sub DAS Wuno, DAS Palu (*Input parameters of AGNPS model at Wuno sub watershed, Palu watershed*)

No. (No.)	Penggunaan lahan (Landuse)	CN	n	K	C	P	SCC	COD	T	LF	AF
1.	Belukar (<i>Shrubs</i>)	66	0,24	0,20	0,3	1	0,29	60	2	0	100
2.	Hutan primer (<i>Primary forest</i>)	60	0,24	0,27	0,003	1	0,29	65	2	0	100
3.	Hutan sekunder (<i>Secondary forest</i>)	70	0,45	0,30	0,005	1	0,59	65	2	0	100
4.	Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)	60	0,05	0,32	0,5	1	0,29	170	2	0	100
5.	Ladang (<i>Shifting cultivation</i>)	78	0,05	0,34	0,6	1	0,05	170	2	1	10
6.	Padang rumput (<i>Meadow</i>)	69	0,06	0,20	0,01	1	0,15	60	2	0	100
7.	Pemukiman (<i>Settlement</i>)	74	0,04	0,32	0,2	1	0,01	80	2	0	100

Keterangan (*Remark*) :

CN = Bilangan kurva (*Curve number*), n = Nilai koefisien manning (*Overland manning coefficient*), K = Nilai erodibilitas tanah (*Erodibility*), C = Faktor penutupan lahan (*Cropping factor*), P = Faktor penerapan teknik konservasi (*Conservation racyice factor*), SCC = Nilai koefisien permukaan (*Surface condition constant*), COD = Faktor COD (*COD factor*), T = Tekstur (*Texture*), LF = Tingkat pemupukan (*Fertilizer level*), AF = Faktor ketersediaan (*Availability factor*)

Tabel (Table) 5. Nilai parameter kualitas aliran di titik keluaran sub DAS Wuno, DAS Palu (*Parameters value of discharge quality in outlet at Wuno sub watershed, Palu watershed*)

No. (No.)	Parameter (<i>Parameter</i>)	Nilai (<i>Value</i>)
1.	Erosi (<i>Erosion</i>) (ton/ha)	0,71
2.	N terlarut (<i>Water soluble nitogen</i>) (mg/liter)	29,49
3.	P terlarut (<i>Water soluble phosphorus</i>) (mg/liter)	0,09
4.	COD terlarut (<i>Water soluble COD</i>) (mg/liter)	124

Pada kejadian hujan 53 mm erosi yang terjadi adalah 0,71 ton/ha dengan hasil sedimen 13.451 ton. Dengan hujan rata-rata dalam satu tahun 978,8 mm, maka erosi yang terjadi diperkirakan 13,53 ton/ha/tahun. Penilaian kualitas aliran berdasarkan kandungan unsur hara (N, P, dan COD) didasarkan pada standar yang disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan standar kualitas air pada Tabel 6 dan hasil prediksi pada Tabel 5, maka kandungan unsur hara N pada kejadian hujan 53 mm di sub DAS Wuno sudah melebihi ambang batas toleransi kualitas air untuk golongan A, B, dan C. Golongan A dan B menunjukkan bahwa air tersebut dapat digunakan sebagai air minum tanpa melalui pengolahan dan bahan baku air minum, sedangkan golongan C adalah untuk keperluan pertanian dan peternakan. Kandungan unsur hara P untuk semua golongan penggunaan masih ada di bawah ambang batas maksimal. Sedangkan kandungan COD untuk semua

golongan penggunaan air sudah ada di atas ambang batas.

Data lokasi sumber erosi dan pencemar unsur hara merupakan informasi penting sehingga upaya untuk mengurangi erosi serta kandungan unsur hara akan tepat sasaran. Model AGNPS juga mampu menggambarkan secara spasial sumber erosi dan bahan pencemar. Penyebaran erosi dan pencemar unsur hara berdasarkan penggunaan lahan dan kelas kelerengan disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Sumber utama erosi berdasarkan Tabel 7 adalah ladang pada semua kelas lereng yang ada. Sumber erosi lainnya yang memberikan kontribusi cukup besar adalah lahan belukar di kelas lereng IV dan V. Penyebab besarnya erosi di lahan ladang yaitu tidak diterapkannya teknik konservasi tanah yang benar walaupun ada pada kelas lereng yang curam (> 40 %). Pencemar berupa unsur N, P, dan COD pada Tabel 8 berasal dari ladang dan kebun campuran, terutama pada saat

Tabel (Table) 6. Standar kualitas air berdasarkan kandungan maksimum amonia, nitrit, nitrat, fosfat, dan COD (Standard of water quality based on ammoniac, nitrite, nitrate, phosphate, and COD suspended)

No. (No.)	Parameter (Parameter)	Maksimum yang diperbolehkan (Allowable maximum) (ppm)			
		A	B	C	D
1.	Amonia	Nihil (1,2) 2 (3) -	0,5 (1,2) < 2 (3) -	0,02 (1,2) 0,016 (3) -	- - 1 (3)
2.	Nitrat	10 (1,2,3)	10 (1,3)	10 (3)	-
3.	Nitrit	1 (1) Nihil (2) 2 (3)	1 (1,2) 2(3) -	0,06 (1,2) - -	- 10 (3) 1 (3)
4.	Fosfat	0,5 (3)	0,2-0,5(1)	0,2 (3)	0,5 (3)
5.	COD	20 (3)	30 (1)	30 (3)	50 (3)

Sumber (Source) :

- (1) Peraturan Pemerintah RI No. 20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air
- (2) Keputusan Menteri Negara KLH No. Kep. 02/MENKLH/1/1988
- (3) Keputusan Gubernur Kepala DKI Jakarta No. 1608 tahun 1988 tentang Baku Mutu Air Sungai di DKI Jakarta.

Keterangan (Remark) :

- A. Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu (Water that can be used for direct drinking water without processing) (1,2); Air baku air minum (Drinking water standard) (3)
- B. Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum (Water that can be used for drinking water standard) (1,2), perikanan (Fishery) (3)
- C. Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan (Water that can be used for fishery and lives stock) (1,2), pertanian (Agriculture) (3)
- D. Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit tenaga listrik (Water that can be used for agriculture need and utilized for city, industry and electricity generator) (1,2), tidak untuk kebutuhan A, B, dan C tapi masih memenuhi kebutuhan biota air (Not for A, B, and C uses, but it still fulfill water organism need) (3).

Tabel (Table) 7. Penyebaran erosi berdasarkan penggunaan lahan dan kelas lereng di sub DAS Wuno (Distribution of erosion based on landuse and slope class at Wuno sub watershed)

Penggunaan lahan (Landuse)	Erosi (Erosion) (ton/ha)			
	III (8-15 %)	IV (15-30 %)	V (30-45 %)	VI (> 45 %)
Belukar (Shrubs)		0,996	0,744	
Hutan primer (Primary forest)	0,203	0,112	0,261	0,241
Hutan sekunder (Secondary forest)	0,051	0,046	0,397	0,303
Kebun campuran (Mixed garden)		0,051	0,457	
Ladang (Shifting cultivation)	1,372	1,553	1,406	1,203
Padang rumput (Meadow)	0,270	0,228	0,203	0,203
Pemukiman (Settlement)		0,087		

dilakukan pembukaan lahan, sehingga pada saat hujan turun terjadi pencucian hara. Selain dari proses pencucian unsur hara, sumber pencemar juga bisa berasal dari pupuk dan dari air hujan itu sendiri. Lee (1990) menyatakan bahwa dalam air hujan yang mendekati murni sekalipun terdapat jumlah kecil mineral dan garam-garam terlarut.

Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan berupa erosi dan pencemaran unsur hara, maka fokus penanggulangan dilakukan di sumber erosi dan pencemar unsur hara. Arahan penggunaan lahan yang disarankan didasarkan pada kondisi aktual, mampu diterima masyarakat setempat (acceptable), dapat diterapkan (applicable), dan

dapat dikembangkan dengan sumberdaya lokal yang tersedia (*feasible*) (Yudono, 2000). Adapun rekomendasi yang dapat dilakukan disajikan pada Tabel 9. Arahkan perbaikan pada Tabel 9 selain untuk mengurangi tingkat erosi dan pencemaran unsur hara, juga ditujukan

untuk meningkatkan produktivitas lahan.

2. Sub DAS Miu, DAS Palu

Parameter-parameter masukan model sebagai hasil dari interpretasi peta, pengamatan di lapangan, dan analisis laboratorium di sub DAS Miu disajikan pada Tabel 10.

Tabel (Table) 8. Penyebaran pencemar N, P, dan COD berdasarkan penggunaan lahan dan kelas lereng di sub DAS Wuno (*Distribution of N, P, and COD pollutant based on landuse and slope class at Wuno sub watershed*)

Penggunaan lahan (Landuse)	Kelas lereng (Slope class)											
	III (8-15 %)			IV (15-30 %)			V (30-45 %)			VI (>45 %)		
	N (mg/ liter)	P (mg/ liter)	COD (mg/ liter)	N (mg/ liter)	P (mg/ liter)	COD (mg/ liter)	N (mg/ liter)	P (mg/ liter)	COD (mg/ liter)	N (mg/ liter)	P (mg/ liter)	COD (mg/ liter)
Belukar (<i>Shrubs</i>)				0,367	0,001	15,41	0,404	0,001	16,98			
Hutan primer (<i>Primary forest</i>)	0,120	0,001	5,02	0,905	0,003	38,01	0,852	0,003	35,75	0,633	0,002	26,59
Hutan sekunder (<i>Secondary forest</i>)	0,015	0,001	0,63	0,075	0,001	31,31	0,402	0,001	16,97	1,017	0,003	42,71
Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)				0,008	0,001	0,32	0,202	0,001	8,48			
Ladang (<i>Shifting cultivation</i>)	1,213	0,004	50,95	1,588	0,005	66,67	2,438	0,007	102,4	0,987	0,003	41,46
Padang rumput (<i>Meadow</i>)	0,187	0,001	7,86	0,659	0,002	27,65	1,107	0,003	46,46	2,483	0,007	10,43
Pemukiman (<i>Settlement</i>)				0,462	0,001	19,38						

Tabel (Table) 9. Rekomendasi penggunaan lahan di sub DAS Wuno, DAS Palu (*Recomendation of landuse direction at Wuno sub watershed, Palu watershed*)

No. (No.)	Penggunaan lahan (Landuse)	Rekomendasi (Recomendation)
1.	Ladang (<i>Shifting cultivation</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Ladang dengan kelerengan > 45 %, dilakukan penanaman tanaman keras sejajar kontur untuk mengembalikan ke fungsinya yaitu fungsi lindung (<i>In shifting cultivation with > 45 % slope class, it is implemented trees contour cultivation to reverse its protection function</i>) - Pada lahan dengan kelerengan 8-30 % dilakukan penerapan teknik konservasi teras gulud dengan penguat teras gamal dan bidang olah lebar yang dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak dan pupuk organik (<i>Implementation of bed terrace at 8-30 % slope class with gamal as crop to strengten terrace which can be used as live stock food and organic fertilizer</i>) - Penerapan teras bangku dengan bidang olah sempit untuk lahan dengan kelerengan 30-45 % (<i>Implementation of bench terrace for land with 30-45 % slope class</i>) - Pengurangan penggunaan pupuk anorganik dan diganti dengan pupuk organik (<i>Reduction of anorganic fertilizer and subtituted by organic fertilizer</i>)
2	Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)	Penerapan teknik konservasi vegetatif dengan meningkatkan kerapatan dan strata tajuk, baik melalui penanaman tanaman keras maupun tanaman semusim (<i>Implementation of vegetative conservation technique by improving crops interval and canopies stratification</i>)
3	Belukar (<i>Shrubs</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pada lahan dengan kelerengan > 40 % dilakukan penghutanan kembali (<i>In the slope class > 40 %, it is implemented reforestation</i>) - Penerapan sistem agroforestry pada lahan dengan kelerengan 15-40 % (<i>Implementation of agroforestry system at 15-40 % slope class</i>)

Tabel (Table) 10. Parameter-parameter masukan model AGNPS di sub DAS Miu, DAS Palu (Input parameters of AGNPS model at Miu sub watershed, Palu watershed)

No. (No.)	Penggunaan lahan (Landuse)	CN	n	K	C	P	SCC	COD	T	LF	AF
1.	Coklat (Cacao)	86	0,05	0,20	0,3	1	0,29	60	1	0	100
2.	Hutan primer (Primary forest)	69	0,05	0,22	0,3	1	0,29	65	1	0	100
3.	Hutan sekunder (Secondary forest)	81	0,05	0,21	0,8	0,8	0,29	170	1	0	100
4.	Kebun campuran (Mixed garden)	69	0,05	0,22	0,3	1	0,29	65	1	0	100
5.	Ladang (Shifting cultivation)	88	0,05	0,20	0,8	0,8	0,29	170	1	0	100
6.	Pemukiman (Settlement)	60	0,45	0,31	0,005	1	0,29	60	1	0	100
7.	Sawah (Rice field)	82	0,05	0,20	0,2	1	0,001	80	1	0	100

Keterangan (Remark) :
CN = Bilangan kurva (Curve number), n = Nilai koefisien manning (Overland manning coefficient), K = Nilai erodibilitas tanah (Erodibility), C = Faktor penutupan lahan (Cropping factor), P = Faktor penerapan teknik konservasi (Conservation racyice factor), SCC = Nilai koefisien permukaan (Surface condition constant), COD = Faktor COD (COD factor), T = Tekstur (Texture), LF = Tingkat pemupukan (Fertilizer level), AF = Faktor ketersediaan (Availability factor).

Simulasi hasil kajian kualitas aliran dengan model AGNPS menggunakan kejadian hujan 65 mm dengan intensitas hujan 20,4 mm/jam yang menghasilkan debit 32,26 m³/detik. Hasil simulasi berupa kualitas aliran di outlet sub DAS disajikan pada Tabel 11.

Tabel (Table) 11. Nilai parameter kualitas aliran di titik keluaran sub DAS Miu, DAS Palu (Parameters value of discharge quality in outlet at Miu sub watershed, Palu watershed)

No. (No.)	Parameter (Parameter)	Nilai (Value)
1.	Erosi (Erosion) (ton/ha)	0,41
2.	N terlarut (Water soluble nitogen) (mg/liter)	1,25
3.	P terlarut (Water soluble phosphorus) (mg/liter)	0,13
4.	COD terlarut (Water soluble COD) (mg/liter)	19

Hasil kajian menunjukkan tingkat erosi di sub DAS Miu adalah 0,41 ton/ha dengan hasil sedimen 7.965 ton. Dengan rata-rata curah hujan di sub DAS Miu sebesar 1.118,5 mm per tahun maka tingkat erosi di sub DAS Miu setara dengan 6,93 ton/ha/tahun. Apabila kandungan bahan pencemar berupa unsur hara N, P, dan COD dibandingkan dengan standar kualitas air pada Tabel 6, maka kondisi kualitas aliran masih ada di bawah nilai am-

bang batas maksimal yang diperbolehkan. Hal ini menunjukkan bahwa sumberdaya air di sub DAS Miu dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan.

Berdasarkan hasil kajian maka upaya yang perlu dilakukan di sub DAS Miu lebih diprioritaskan untuk menekan laju erosi daripada pencemaran unsur hara. Oleh sebab itu diperlukan data penyebaran erosi berdasarkan penggunaan lahan dan kelerengan. Penyebaran erosi tersebut disajikan pada Tabel 12.

Pada Tabel 12 menunjukkan bahwa lahan ladang memberikan kontribusi erosi paling besar, baik di kelas lereng IV, V, maupun VI. Pada lahan ladang ini sebagian sudah menerapkan teknik konservasi tanah sederhana yaitu berupa penanaman sejajar kontur. Sumber erosi lainnya yaitu kebun campuran dan coklat. Kerapatan rendah dan tidak adanya tumbuhan bawah merupakan salah satu penyebab besarnya tingkat erosi di kebun campuran dan coklat.

Upaya yang akan dilakukan untuk menekan tingkat erosi dan peningkatan produktivitas lahan sebaiknya difokuskan pada lahan ladang, kebun campuran, dan coklat. Tabel 13 menyajikan rekomendasi sebagai alternatif pengelolaan di sub DAS Miu.

Tabel (Table) 12. Penyebaran erosi berdasarkan penggunaan lahan dan kelas lereng di sub DAS Miu
(Distribution of erosion based on landuse and slope class at Miu sub watershed)

Penggunaan lahan (Landuse)	Erosi (Erosion) (ton/ha)			
	III (8-15 %)	IV (15-30 %)	V (30-45 %)	VI (>45 %)
Coklat (Cacao)		1,822	1,343	1,159
Hutan primer (Primary forest)		1,990	1,822	
Hutan sekunder (Secondary forest)		2,688	2,613	2,520
Kebun campuran (Mixed garden)		0,313		
Ladang (Shifting cultivation)		0,700		
Pemukiman (Settlement)	0,279	0,372	0,426	0,518
Sawah (Rice field)	0,227	0,341	0,286	0,314

Tabel (Table) 13. Rekomendasi penggunaan lahan di sub DAS Miu, DAS Palu (Recommendation of landuse direction at Miu sub watershed, Palu watershed)

No. (No.)	Penggunaan lahan (Landuse)	Rekomendasi (Recommendation)
1.	Ladang (Shifting cultivation)	- Pengembalian fungsi lindung di lahan dengan kelas lereng > 45 % dengan penanaman pohon dengan jarak tanam yang rapat (Reversion of protection function at > 45 % slope class with narrow trees cultivation interval) - Penerapan teras, baik teras gulud maupun bangku pada lahan dengan kelas lereng 8-45 % dengan menggunakan potensi lokal sebagai penguat teras, misalnya bambu (Implementation of bed or bench terrace at 8-45 % slope class with local potentition such as bamboo to strengten terrace)
2.	Kebun campuran (Mixed garden)	Pencerapan teknik konservasi vegetatif dengan meningkatkan kerapatan dan strata tajuk, baik melalui penanaman tanaman keras maupun tanaman semusim (Implementation of vegetative conservation technique by improving crops interval and canopies stratification)
3.	Coklat (Cacao)	Penerapan teknik konservasi vegetatif dengan meningkatkan kerapatan dan strata tajuk, baik melalui penanaman tanaman keras maupun tanaman semusim (Implementation of vegetative conservation technique by improving crops interval and canopies stratification)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Di sub DAS Wuno pada kejadian hujan 53 mm erosi yang terjadi adalah 0,71 ton/ha dengan total sedimen 13.451 ton atau setara dengan erosi 13,53 ton/ha/tahun pada curah hujan 978,8 mm. Konsentrasi unsur hara yang dihasilkan yaitu N (29,49 mg/liter) sudah melebihi ambang batas untuk air minum, perikanan, pertanian, dan peternakan, unsur P (0,09 mg/liter) masih ada di bawah ambang batas dan COD (124 mg/liter) sudah ada di atas ambang batas untuk semua pemanfaatan. Sumber erosi di sub DAS Wuno yaitu ladang pada semua kelas lereng yang ada dan sumber pencemar unsur hara yaitu ladang dan kebun campuran.
2. Tingkat erosi di sub DAS Miu pada kejadian hujan 65 mm adalah 0,41 ton/ha dan hasil sedimen 7.965 ton, hal ini setara dengan erosi 6,53 ton/ha/tahun untuk curah hujan 1.118,5 mm. Konsentrasi unsur hara yang dihasilkan, baik unsur N (1,25 mg/liter), P (0,13 mg/liter), dan COD (19 mg/liter) masih ada di bawah ambang batas untuk semua pemanfaatan. Sumber erosi di sub DAS Miu

adalah ladang, kebun campuran, dan coklat.

3. Alternatif pengelolaan lahan di sub DAS Wuno dan sub DAS Miu difokuskan pada sumber erosi dan unsur hara. Upaya yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi tingkat erosi, pencemaran unsur hara, dan peningkatan produktivitas lahan. Secara umum rekomendasi yang perlu dilakukan adalah pengembalian fungsi lindung bagi kawasan yang secara fisik harus berfungsi sebagai kawasan lindung, penerapan teknik konservasi tanah dan air, pengurangan penggunaan pupuk non organik dan diganti dengan pupuk organik serta penerapan sistem *agroforestry*.

B. Saran

1. Untuk memperbaiki kualitas aliran di sub DAS Wuno, DAS Palu, kegiatan difokuskan pada penggunaan lahan ladang, kebun campuran, dan belukar. Ladang dengan kelerengan > 45 %, dilakukan penanaman tanaman keras sejajar kontur sedangkan pada kelerengan 8-30 % dilakukan penerapan teknik konservasi teras gulud dengan penguat teras gamal dan bidang olah lebar. Penerapan teknik konservasi vegetatif dengan meningkatkan kerapatan dan strata tajuk dilakukan pada kebun campuran dan pada lahan belukar dilakukan penghutan kembali dan penerapan *agroforestri*.
2. Di sub DAS Miu, DAS Palu, fokus kegiatan rehabilitasi lahan adalah di ladang, kebun campuran, dan coklat. Pada ladang dilakukan pengembalian fungsi lindung di lahan pada kelas lereng > 45 % dengan penanaman pohon yang jarak tanamnya rapat dan penerapan teras, baik teras gulud maupun bangku pada lahan dengan kelas lereng 8-45 %. Pada lahan kebun campuran dan coklat dilakukan penerapan teknik konservasi vegetatif dengan meningkatkan kerapatan

dan strata tajuk, baik melalui penanaman tanaman keras maupun tanaman semusim.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Cetakan Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- BP DAS Palu-Poso. 2000. Review rancangan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah terpadu DAS Palu. BP DAS Palu-Poso. Palu
- Darmawijaya, M.I. 1990. Klasifikasi tanah. Dasar teori bagi peneliti tanah dan pelaksana pertanian di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Haeruman, H. 1994. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Paper Lokakarya Rencana Pengelolaan DAS Terpadu. Dirjen RRL Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Kementerian Lingkungan Hidup No. Kep-02/Menklh/1/1988. Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan.
- Keputusan Gubernur Kepala DKI Jakarta No. 1608 tahun 1988. Tentang Baku Mutu Air Sungai di DKI Jakarta
- Lee, R. 1990. Hidrologi hutan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990. Tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- Young, R.A, C.A. Onstad, D.D Bosch, W.P. Anderson. 1994. Agricultural non-point source pollution model, Version 4.03/AGNPS USER'S GUIDE.USDA-ARS. United State of America.
- Yudono SHN, H. 2000. Evaluasi dampak pengelolaan lahan terhadap kualitas aliran sungai dan pendapatan petani di sub DAS Gobeh, Wonogiri, Jawa Tengah. Tesis. Tidak dipublikasikan. Pasca Sarjana IPB. Bogor.