

ANALISIS ALIRAN PERMUKAAN UNTUK OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN PADA DAS SEPARI MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS

Run off Analysis for Land Use Optimization on Separi Watershed using HEC-HMS Model

Nur Hartanto¹, Dwi Putro Tejo Baskoro², Suria Darma Tarigan²

¹ Alumni Dosen Program Studi Agroteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

² Staf dosen Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya lahan, Faperta-IPB

ABSTRACT

A research aimed to analyze the effect of land use change on hydrological response and to determine the best land use scenario to reduce runoff was conducted on Separi Watershed, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province. HEC-HMS model was used to generate runoff hydrograph. Hydrograph Model was calibrated using seven rainfall-hydrograph event and data set in 2007. High Nash-Sutcliffe coefficient was obtained with values of 0.93 for time to peak, 0.95 for peak flow and 0.84 for runoff volume, respectively. These figures suggested that the model was appropriate to predict the hydrological response. Three periods of land use were then used to assess the effect of land use change on hydrological response. The result of simulation indicated that deforestation of 20.699 ha increased peak flow 49.3 % and runoff volume 52.0%, respectively. Three scenarios of land use based on trend analysis, Keppres No. 32 tahun 1990, and land capability evaluation were established for assigning Separi Watershed management. All those scenarios produced peak flow and runoff volume smaller than the existing land use. The best land use scenario for Separi Watershed was land use based on land capability evaluation. This scenario produced smaller peak flow and runoff volume than the other.

Keywords: HEC-HMS, hydrological response, land use change

PENDAHULUAN

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu usaha untuk mengatur sumberdaya air, tanah dan air tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan DAS (Noy, 2005). Pengelolaan DAS harus dilakukan secara terintegrasi antara sektor yang berkepentingan/terkait, agar tidak terjadi konflik kepentingan pemanfaatan sumberdaya yang ada di dalam DAS. Selain itu, pengelolaan DAS juga harus dilakukan secara menyeluruh, baik di kawasan hulu, tengah dan hilir. Hal ini penting, mengingat adanya keterkaitan kawasan tersebut dalam suatu sistem hidrologi.

Pengelolaan DAS yang tidak tepat mengakibatkan perubahan penggunaan lahan menjadi tidak terkendali, yang umumnya dalam bentuk perubahan lahan hutan menjadi non-hutan (*deforestation*). Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non-hutan mungkin meningkatkan keuntungan ekonomi namun dapat berdampak terhadap perubahan respon hidrologi DAS, seperti peningkatan aliran permukaan, erosi dan sedimentasi. Bahkan, penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan dapat menyebabkan degradasi lahan, yang apabila tidak ditangani secara tepat dan cepat dapat menjadi lahan kritis.

Penilaian secara cepat dan akurat terhadap respon hidrologi DAS akibat perubahan penggunaan lahan akan sangat membantu dalam pengelolaan DAS, khususnya dalam perencanaan penggunaan lahan sehingga dampak negatif yang ditimbulkan

dapat dikurangi. Model komputer dapat digunakan sebagai alat bantu untuk penilaian secara cepat dan cermat terhadap perubahan komponen-komponen yang mempengaruhi respon hidrologi DAS (Sadeghi & Mahdavi, 2004). Salah satu model yang dapat digunakan untuk mensimulasikan aliran permukaan sebagai respon hujan adalah model *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS). Model ini terbukti cukup akurat dalam memprediksi aliran permukaan (Knebl *et al.*, 2005; Garcia *et al.*, 2008).

Model HEC-HMS adalah model parameter *lump* dengan distribusi spasial melalui pembagian sebuah DAS ke dalam Sub DAS. Model ini menyediakan sejumlah pilihan permodelan, dengan komponen utama penentuan hidrograf aliran permukaan dari Sub DAS dan pelacakan hidrograf (*routing*) melalui saluran ke outlet DAS. Karakteristik hidrograf pada setiap Sub DAS adalah respon aliran permukaan yang khas karena perbedaan sifat-sifat DAS meliputi faktor geologi, geomorfologi, dan antropogenik (Knebl *et al.*, 2005). Model ini cocok digunakan pada DAS dengan pola aliran dendritik. Model ini juga dapat digunakan untuk DAS dengan luasan yang besar.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Menganalisa pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologi DAS Separi (2) Menetapkan penggunaan lahan yang dapat menurunkan aliran permukaan. Sedangkan manfaat penelitian ini adalah skenario penggunaan lahan yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan DAS Separi.

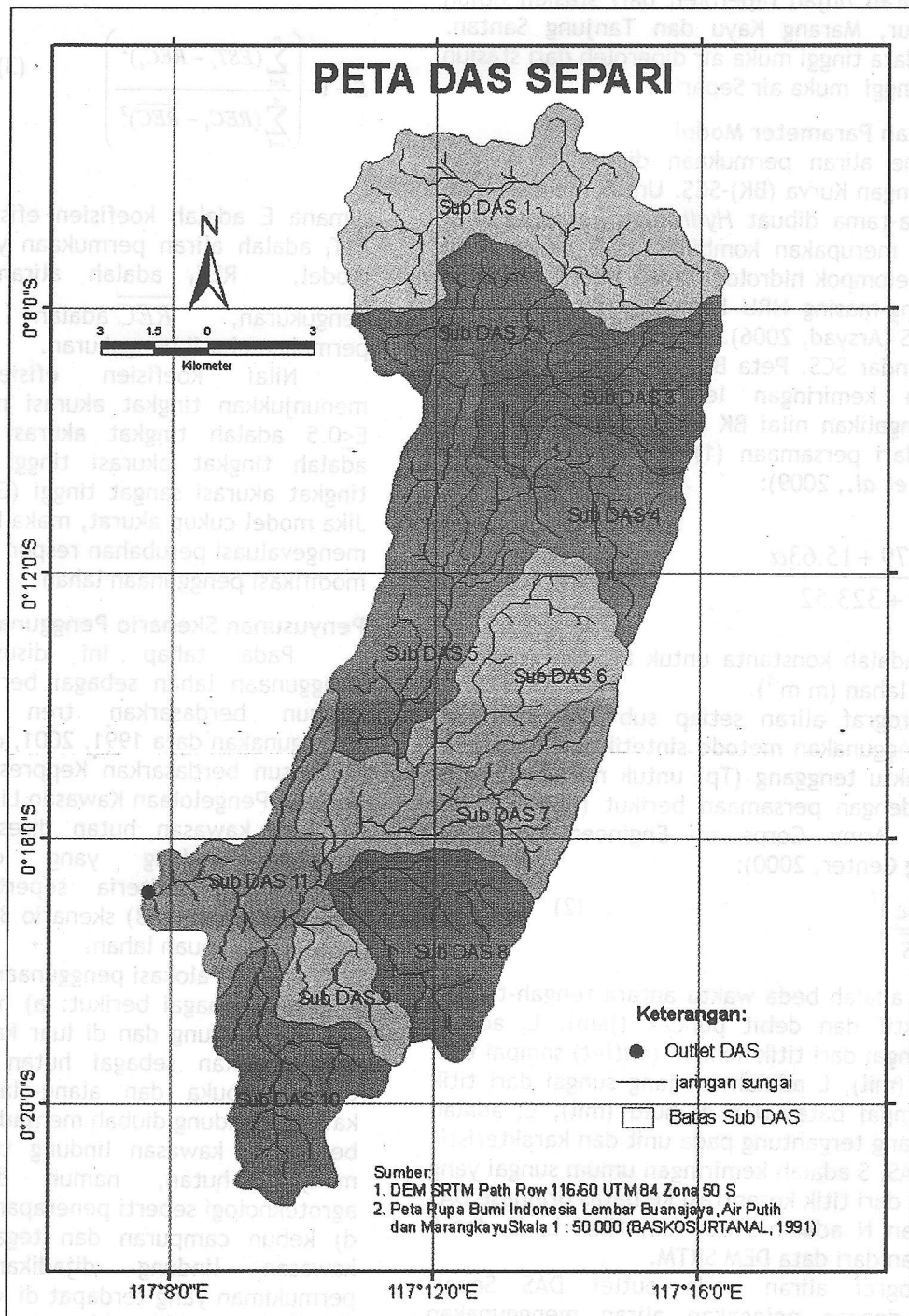
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dari Bulan Maret sampai Juni 2009. Lokasi yang dipilih adalah DAS Separi dengan luas 23 351 ha, terletak di Kecamatan Marangkayu dan Kecamatan Tenggara Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur. Peta DAS Separi disajikan pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan penelitian ini adalah peta tanah skala 1:50 000, peta Rupa Bumi Indonesia tahun 1991 skala 1:50 000, data *Digitized Elevation Model (DEM Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM))*, Citra Landsat TM tahun 2001 dan 2007, *Global Positioning System (GPS)*, clinometer, kompas, meteran, komputer dengan perangkat lunak ArcGIS versi 8.6, ArcGIS versi 9.2, WMS versi 7.0 dan HEC-HMS versi 3.0.1.



Gambar 1. Peta DAS Separi

elaksanaan Penelitian

engumpulan Data

Data primer diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan di lapangan, meliputi: geometri sungai, kekasaran saluran, teknik pertanian dan kondisi hidrologi tanah pada beberapa jenis penggunaan lahan. Data sekunder didapatkan dari data yang dikumpulkan oleh peneliti sebelumnya atau oleh instansi terkait, meliputi: penggunaan lahan, jenis tanah, jaringan sungai, curah hujan dan tinggi muka air. Data curah hujan diperoleh dari stasiun hujan Separi, Bayur, Marang Kayu dan Tanjung Santan. Sedangkan data tinggi muka air diperoleh dari stasiun pengamat tinggi muka air Separi.

embangkitan Parameter Model

Volume aliran permukaan diprediksi dengan metode Bilangan Kurva (BK)-SCS. Untuk mencari nilai K, pertama-tama dibuat *Hydrology Response Unit* (HRU) yang merupakan kombinasi dari penggunaan lahan dan kelompok hidrologi tanah (KHT). Nilai BK untuk masing-masing HRU kemudian diperoleh dari tabel BK-SCS (Arsyad, 2006). Dari tahap ini dihasilkan peta BK standar SCS. Peta BK kemudian disesuaikan berdasarkan kemiringan lereng yang dilakukan dengan mengalikan nilai BK dengan konstanta yang diperoleh dari persamaan (1) (Huang, 2006 dalam Ibrahimian et al., 2009):

$$K = \frac{322.79 + 15.63\alpha}{\alpha + 323.52} \tag{1}$$

dimana K adalah konstanta untuk BK dan α adalah kemiringan lahan ($m\ m^{-1}$).

Hidrograf aliran setiap sub DAS diperoleh dengan menggunakan metode sintetik unit hidrograf Snyder. Waktu tenggang (T_p) untuk metode Snyder diperoleh dengan persamaan berikut (USACE, 1994 dalam US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2000):

$$T_p = C_t \left(\frac{LLc}{\sqrt{S}} \right)^N \tag{2}$$

dimana T_p adalah beda waktu antara tengah-tengah hujan efektif dan debit puncak (jam), L_c adalah panjang sungai dari titik kontrol (*outlet*) sampai titik berat DAS (mil), L adalah panjang sungai dari titik kontrol sampai batas DAS di hulu (mil), C_t adalah koefisien yang tergantung pada unit dan karakteristik drainase DAS, S adalah kemiringan umum sungai yang terpanjang dari titik konsentrasi ke batas drainase DAS ($m\ m^{-1}$) dan N adalah eksponen. Nilai L , L_c dan S dibangkitkan dari data DEM SRTM.

Hidrograf aliran pada outlet DAS Separi diperoleh dengan pelacakan aliran menggunakan metode Gelombang Kinematik. Masukan yang dibutuhkan adalah kemiringan, geometri dan kekasaran saluran. Kemiringan sungai/saluran dibangkitkan dari Data DEM SRTM. Kekasaran saluran

ditentukan menggunakan tabel kekasaran Manning (Schwab et al., 1981).

Kalibrasi Model

Tujuh pasangan kejadian hujan-hidrograf pengukuran pada tahun 2007 digunakan untuk kalibrasi model. Parameter hidrograf yang dibandingkan adalah debit puncak, waktu debit puncak dan volume aliran permukaan. Metode kalibrasi yang digunakan metode Nash-Sutcliffe dengan persamaan berikut:

$$E = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (EST_i - REC_i)^2}{\sum_{i=1}^n (REC_i - \overline{REC})^2} \right) \tag{3}$$

dimana E adalah koefisien efisiensi Nash-Sutcliffe, EST_i adalah aliran permukaan yang dihasilkan oleh model, REC_i adalah aliran permukaan hasil pengukuran, \overline{REC} adalah rata-rata aliran permukaan hasil pengukuran.

Nilai koefisien efisiensi Nash-Sutcliffe menunjukkan tingkat akurasi model, dimana nilai $E < 0.5$ adalah tingkat akurasi rendah, $0.5 < E < 0.7$ adalah tingkat akurasi tinggi dan $E > 0.7$ adalah tingkat akurasi sangat tinggi (Garcia et al., 2008). Jika model cukup akurat, maka bisa digunakan untuk mengevaluasi perubahan respon hidrologi disebabkan modifikasi penggunaan lahan.

Penyusunan Skenario Penggunaan Lahan

Pada tahap ini disusun tiga skenario penggunaan lahan sebagai berikut: (1) skenario 1 disusun berdasarkan tren penggunaan lahan menggunakan data 1991, 2001, dan 2007 (2) skenario 2 disusun berdasarkan Keppres No. 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Pada skenario ini luas kawasan hutan disesuaikan dengan luas kawasan lindung yang ditentukan dengan menggunakan kriteria seperti tercantum pada Keppres tersebut (3) skenario 3 disusun berdasarkan kelas kemampuan lahan.

Skema alokasi penggunaan lahan pada skenario 2 adalah sebagai berikut: a) hutan yang berada di kawasan lindung dan di luar kawasan lindung tetap dipertahankan sebagai hutan b) semak belukar, tanah terbuka dan alang-alang yang berada di kawasan lindung diubah menjadi hutan c) sawah yang berada di kawasan lindung tidak diubah kembali menjadi hutan, namun dilakukan perbaikan agroteknologi seperti penerapan tindakan konservasi, d) kebun campuran dan tegalan yang berada di kawasan lindung dijadikan agroforestri e) permukiman yang terdapat di kawasan lindung tetap dijadikan permukiman karena permukiman merupakan penggunaan lahan permanen. Dengan demikian, terjadi penambahan luas hutan yang proporsional

dengan penurunan luas semak belukar, alang-alang dan tanah terbuka.

Skema alokasi lahan untuk skenario 3 adalah sebagai berikut: a) permukiman yang terdapat pada kelas I, sub kelas IIw, IIe, IIIe, IVe, Vw dan VIe tetap dipertahankan sebagai permukiman. Sawah yang berada pada kelas I, sub kelas IIw dan IIe tetap dijadikan sawah, b) tegalan yang berada pada kelas I, sub kelas IIw, IIe, IIIe, IVe dan Vw tetap dijadikan tegalan, sedangkan yang berada pada sub kelas VIe dirubah menjadi agroforestri dengan sistem pertanaman lorong, c) Kebun campuran yang berada pada sub kelas IIe, IIIe, IVe, Vw tetap dijadikan kebun campuran, sedangkan yang berada pada sub kelas VIe dijadikan agroforestri dengan sistem multistara d) hutan tetap dipertahankan sebagai hutan e) semak belukar, alang-alang dan tanah terbuka yang berada pada kelas I, sub kelas IIw dan IIIw dijadikan sawah, pada sub kelas IIe dan IIIe dijadikan tegalan, pada sub kelas IVe dijadikan kebun campuran, pada sub kelas VIe dijadikan agroforestri dengan sistem multistrata, sedangkan pada sub kelas IVs, Vw dan VIe dijadikan hutan.

Simulasi Model

Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologi DAS dilakukan dengan simulasi model berdasarkan kondisi penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007. Sedangkan simulasi model menggunakan skenario penggunaan lahan dilakukan untuk memperoleh penggunaan lahan yang paling baik dalam menurunkan aliran permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Model HEC-HMS

Koefisien efisiensi (E) yang dihasilkan dari kalibrasi antara parameter hidrograf hasil prediksi dengan hidrograf pengukuran untuk waktu puncak, debit puncak dan volume aliran permukaan berturut-

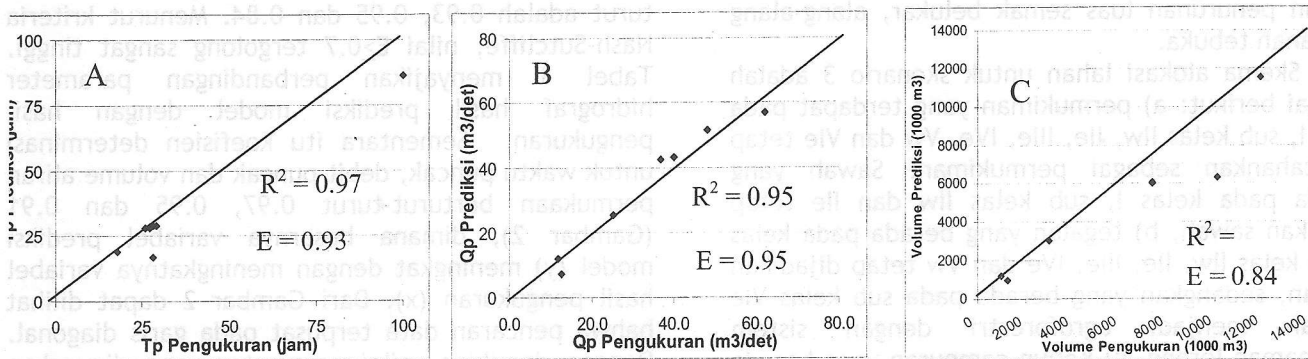
turut adalah 0.93, 0.95 dan 0.84. Menurut kriteria Nash-Sutcliffe, nilai $E \geq 0.7$ tergolong sangat tinggi. Tabel 1 menyajikan perbandingan parameter hidrograf hasil prediksi model dengan hasil pengukuran. Sementara itu koefisien determinasi untuk waktu puncak, debit puncak dan volume aliran permukaan berturut-turut 0.97, 0.95 dan 0.91 (Gambar 2), dimana besarnya variabel prediksi model (y) meningkat dengan meningkatnya variabel hasil pengukuran (x). Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa pencaran data terpusat pada garis diagonal. Dengan demikian, nilai parameter yang digunakan dalam model HEC-HMS cukup akurat untuk memprediksi aliran permukaan di DAS Separi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model HEC-HMS layak untuk digunakan sebagai model untuk simulasi respon aliran permukaan akibat perubahan penggunaan lahan.

Secara umum, hidrograf hasil prediksi cocok dengan hidrograf pengukuran, walaupun cenderung memiliki waktu puncak yang lebih cepat pada curah hujan yang berdurasi panjang. Menurut Irianto (2000), penyimpangan terhadap waktu puncak dapat terjadi akibat penyederhanaan DAS, yang menyebabkan adanya perbedaan kemiringan sungai, panjang sungai dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi waktu puncak.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa volume aliran permukaan terprediksi juga lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengukuran. Hal ini terjadi karena distribusi masukan (hujan) tidak merata di DAS Separi dengan variabilitas ruang dan waktu yang sangat tinggi. Menurut Made (1987 dalam Harto, 2000), khusus untuk daerah tropik, hujan memiliki 'lingkaran pengaruh' (*circle of influence*) yang sangat sempit, sedangkan pada umumnya, analisis hidrologi dilakukan untuk luasan yang cukup besar sehingga kejadian hujan merata pada DAS yang luas seperti DAS Separi hampir tidak pernah ada.

Tabel 1. Perbandingan parameter hidrograf aliran permukaan antara model dengan hasil pengukuran.

No	Tanggal	Hujan (mm)	Pengukuran			Model		
			Tp (jam)	Qp (m^3det^{-1})	Volume ($10^3 m^3$)	Tp (jam)	Qp (m^3det^{-1})	Volume ($10^3 m^3$)
1.	6 Februari	61.0	18.0	48.0	10 099.8	19.0	51.3	6 290.6
2.	6 maret	67.8	0.0	60.7	6 422.5	26.0	56.9	6 010.0
3.	20 Maret	43.4	19.0	36.8	7 346.3	20.0	42.3	6 073.4
4.	20 Juni	13.2	29.0	12.6	1 238.2	29.0	7.2	953.7
5.	18 Juli	37.2	26.0	11.7	998.1	28.0	12.1	1 233.2
6.	22 Juli	88.6	100.0	39.9	11 928.7	86.0	43.0	11 507.1
7.	23 Oktober	35.4	28.0	25.2	3 007.4	17.0	25.4	3 053.0



Gambar 2. Grafik hubungan antara parameter hasil prediksi dengan pengukuran: waktu puncak (A), debit puncak (B) dan volume aliran permukaan (C)

Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Separi didominasi oleh peningkatan luas semak belukar. Selama kurun waktu 10 tahun (1991 - 2001) luas lahan semak-belukar meningkat seluas 14 841 ha, dari 845 ha menjadi 15 686 ha (Tabel 2). Artinya terjadi penambahan lahan semak-belukar rata-rata 1484 ha per tahun. Pada kurun waktu 2001-2007, terjadi peningkatan lahan semak belukar seluas 4 929 ha atau rata-rata 821 ha tahun⁻¹. Berdasarkan analisis data secara spasial, diketahui bahwa peningkatan areal semak belukar terjadi terutama karena adanya konversi lahan hutan. Antara tahun 1991/2001, terjadi penurunan luas hutan sebesar 16 720 ha atau rata-rata 1 672 ha tahun⁻¹. Antara tahun 2001/2007, luas hutan terus mengalami penyusutan sebesar 3 079 ha atau rata-rata 663 ha tahun⁻¹. Penurunan luas hutan disebabkan oleh maraknya kegiatan penebangan pohon di kawasan hutan tanpa diikuti oleh tindakan reboisasi.

Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Permukaan

Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aliran permukaan dikaji dengan simulasi model HEC-HMS menggunakan masukan yang diperoleh dari penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007. Input hujan yang digunakan dalam simulasi ini adalah kejadian hujan tanggal 6 Maret 2007, dengan karakteristik sebagai berikut: total hujan sebesar 67.8 mm, durasi hujan selama 18 jam dan intensitas hujan maksimum sebesar 17.9 mm/jam⁻¹.

Debit puncak yang dihasilkan oleh penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007 masing-masing sebesar 38.1, 49.2 dan 56.9 m³/detik⁻¹. Penggunaan lahan tahun 2001 menghasilkan debit puncak lebih tinggi 11.1 m³/detik (29.1%) daripada penggunaan lahan tahun 1991 (Gambar 3). Sedangkan

penggunaan lahan tahun 2007 menghasilkan debit puncak lebih tinggi 18.8 m³/detik⁻¹ (49.3%) daripada penggunaan lahan tahun 1991.

Volume aliran permukaan yang dihasilkan oleh penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007 masing-masing adalah sebesar 4.0196 x 10⁶, 5.1773 x 10⁶ dan 6.0103 x 10⁶ m³. Koefisien aliran permukaan (perbandingan antara tebal aliran permukaan dengan tebal hujan) untuk penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007 masing-masing sebesar 0.25, 0.33 dan 0.38. Dengan demikian, terjadi peningkatan koefisien aliran permukaan pada kurun waktu 1991 - 2001 dan 1991-2007 masing-masing sebesar 32 dan 52%.

Peningkatan debit puncak dan koefisien aliran permukaan pada tahun 2001 terjadi karena konversi hutan menjadi semak belukar, alang-alang dan tanah terbuka. Ketiga penggunaan lahan ini mempunyai penutupan yang lebih buruk dibandingkan dengan hutan sehingga cenderung menghasilkan aliran permukaan yang lebih besar. Pada kondisi hidrologi tanah yang sama hutan atau semak belukar menghasilkan aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan lahan permukiman atau tanah terbuka. Pada penggunaan lahan dan jenis tanah yang sama, perlakuan tanah seperti tindakan konservasi mengakibatkan aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa perlakuan tanah. Adapun peningkatan aliran permukaan pada tahun 2007 hanya disebabkan oleh konversi hutan menjadi semak belukar karena pada tahun ini lahan alang-alang dan tanah terbuka mengalami penurunan. Sedangkan perubahan penggunaan lahan lainnya (permukiman, sawah, kebun campuran dan tegalan) memberikan andil yang sangat kecil terhadap peningkatan aliran permukaan.

Tabel 2. Perubahan penggunaan lahan DAS Separi tahun 1991/2001 dan 2001/2007.

No	Penggunaan lahan	Luas (Ha)			Perubahan (%)	
		1991	2001	2007	1991/2001	2001/2007
1	Semak belukar	845	15 686	20 615	63.56	21.11
2	Hutan	21 768	5 048	1 069	-71.60	-17.04
3	Tegalan	215	145	175	-0.30	0.13
4	Permukiman	4	30	38	0.11	0.03
5	Sawah	99	225	235	0.54	0.04
6	Tanah terbuka	420	1 131	780	3.04	-1.50
7	Kebun campuran	0	11	88	0.05	0.33
8	Alang-alang	0	1 075	351	4.60	-3.10
	Total	23 351	23 351	23 351		

Keterangan:

% perubahan 1991/2001 = (luas 2001 - luas 1991) / luas Das x 100%

% perubahan 2001/2007 = (luas 2007 - luas 2001) / luas DAS x 100%

Secara umum, konversi lahan yang sangat berpengaruh terhadap peningkatan aliran permukaan di DAS Separi adalah konversi hutan menjadi semak belukar karena luas hutan yang dikonversi dari tahun 1991-2001 dan 2001-2007 sangat besar. Bila dibandingkan antara vegetasi hutan dan semak belukar maka vegetasi semak belukar memiliki kemampuan mengintersepsi, menginfiltrasi dan menyerap air hujan yang lebih rendah dibandingkan dengan vegetasi hutan pada umumnya. Selain itu, serasah yang dihasilkan dari vegetasi semak belukar tidak sebanyak vegetasi hutan sehingga retensi permukaan menjadi menurun.

Menurut Noordwijk *et al.* (2004) serapan air oleh pohon di antara kejadian hujan akan mempengaruhi jumlah air yang dapat disimpan dari kejadian hujan berikutnya, sehingga selanjutnya akan mempengaruhi proses infiltrasi dan aliran permukaan. Selain itu, serasah hutan yang lebih tinggi dapat melindungi tanah dari pukulan air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah. Hancuran partikel tanah akan menyebabkan penyumbatan pori tanah makro sehingga menghambat infiltrasi air tanah, akibatnya aliran permukaan akan meningkat.

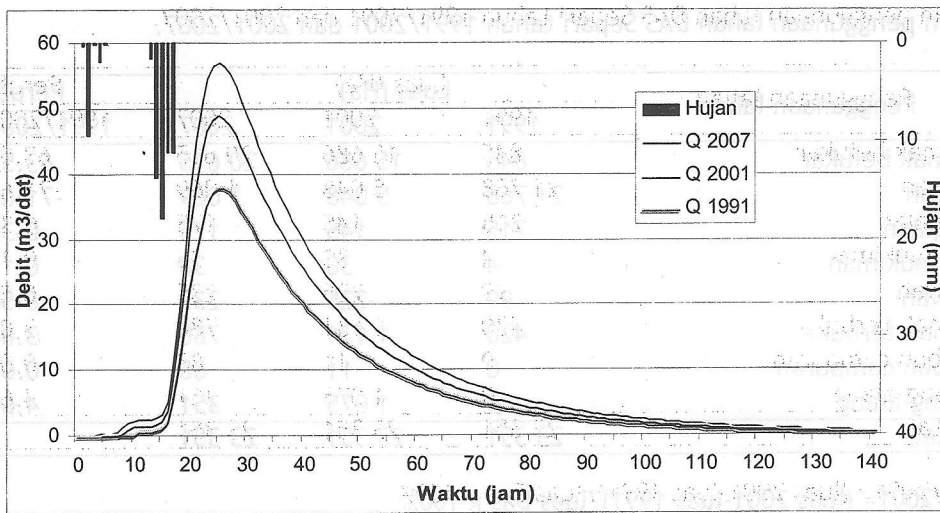
Penggunaan Lahan Terbaik untuk Menurunkan Aliran Permukaan

Untuk memperoleh penggunaan lahan terbaik yang dapat menurunkan aliran permukaan di DAS Separi maka dilakukan simulasi terhadap ketiga skenario yang telah dibuat. Skenario 1, 2 dan 3 menghasilkan debit puncak masing-masing sebesar 50.8, 46.2 dan 45.5 m³ det⁻¹ dan volume aliran sebesar 5.37 10⁶, 4.94 10⁶ dan 4.87 10⁶ m³ (Gambar 4). Dari ketiga skenario tersebut, skenario 1 menghasilkan debit puncak dan volume aliran

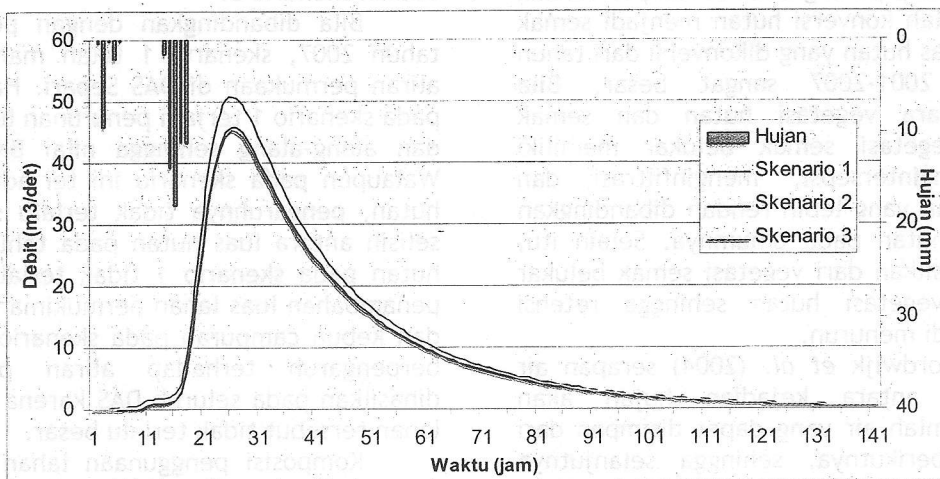
permukaan tertinggi, sedangkan yang terendah adalah skenario 3.

Bila dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2007, skenario 1 telah mampu menurunkan aliran permukaan di DAS Separi. Hal ini disebabkan pada skenario 1 terjadi penurunan luas lahan terbuka dan alang-alang sehingga nilai BK semakin kecil. Walaupun pada skenario ini terjadi penurunan luas hutan, pengaruhnya tidak terlalu signifikan karena selisih antara luas hutan pada tahun 2007 dan luas hutan pada skenario 1 tidak terlalu besar. Adapun penambahan luas lahan permukiman, sawah, tegalan dan kebun campuran pada skenario ini tidak terlalu berpengaruh terhadap aliran permukaan yang dihasilkan pada seluruh DAS karena luas penggunaan lahan tersebut tidak terlalu besar.

Komposisi penggunaan lahan dari skenario 2 menghasilkan aliran permukaan lebih rendah dari pada skenario 1. Hal ini disebabkan pada skenario 2 terjadi penambahan luas hutan pada kawasan lindung. Penambahan luas hutan menyebabkan proporsi hujan yang masuk ke dalam sistem DAS semakin besar sehingga aliran permukaan semakin kecil. Peranan hutan dalam menurunkan aliran permukaan sangat penting untuk kelestarian sumberdaya air dan pencegahan banjir di DAS. Hutan mempunyai serasah di permukaan tanah yang berfungsi memperlambat aliran permukaan dan meningkatkan bahan organik sehingga tanah mempunyai kapasitas infiltrasi yang besar. Selain itu, akar tumbuhan juga meningkatkan kapasitas infiltrasi maupun permeabilitas tanah (Fahrudin, 2000). Adapun perubahan agroteknologi pada kawasan budidaya yang terdapat di kawasan lindung memberikan andil yang sangat kecil terhadap penurunan aliran permukaan pada skala Sub DAS.



Gambar 3. Perbandingan hidrograf prediksi model antara penggunaan lahan tahun 1991, 2001 dan 2007 menggunakan input hujan tanggal 6 Maret 2007.



Gambar 4. Perbandingan hidrograf aliran antara skenario 1, skenario 2 dan skenario 3

Pada skenario 3 terjadi penambahan luas hutan, sawah, tegalan, kebun campuran dan agroforestri. Penambahan luas hutan dan agroforestri serta penerapan teknik konservasi tanah dan air pada lahan budidaya menyebabkan aliran permukaan cenderung lebih kecil. Arah penggunaan lahan kelas I, II, III IV dan VI yang diperuntukan untuk kawasan budidaya menyebabkan berkurangnya areal semak belukar, tanah terbuka dan alang-alang. Berkurangnya tanah terbuka dan alang-alang menyebabkan aliran permukaan menjadi lebih kecil. Namun, konversi semak belukar menjadi sawah, tegalan dan kebun campuran cenderung menyebabkan peningkatan aliran permukaan karena semak belukar cenderung mempunyai penutupan lahan yang lebih baik. Secara umum, skenario 3 menghasilkan aliran permukaan yang paling rendah.

Di samping dapat menekan aliran permukaan secara lebih baik, skenario 3 juga lebih baik dalam hal dapat menghindari konflik kepentingan pemanfaatan lahan khususnya untuk sektor kehutanan dan pertanian. Hal ini disebabkan

skenario 3 dapat mengalokasikan sumberdaya lahan bukan saja untuk kawasan lindung namun juga untuk kegiatan budidaya. Selain itu, tindakan perbaikan dapat fokus terhadap area yang berkontribusi atau memiliki potensi terjadinya degradasi lahan seperti pada daerah yang memiliki kedalaman tanah yang sangat dangkal atau daerah yang memiliki potensi erosi yang sangat tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perubahan penggunaan lahan di DAS Separi mengarah kepada alih fungsi hutan menjadi semak belukar. Penurunan luas hutan dari 21 768 ha pada tahun 1991 menjadi 1 069 ha pada tahun 2007 menyebabkan peningkatan debit puncak sebesar 49.3% dan koefisien aliran permukaan sebesar 52.0%.
2. Skenario yang paling baik dalam menurunkan aliran permukaan adalah alokasi penggunaan

lahan berdasarkan kelas kemampuan lahan (skenario 3). Peningkatan luas hutan, penerapan sistem agroforestri, dan penerapan teknik konservasi pada skenario 3 dapat menurunkan aliran permukaan lebih baik dibandingkan dengan skenario lainnya.

Saran

1. Pada daerah yang memiliki sub kelas kemampuan lahan IVs, Vw dan VIle atau lokasi yang memiliki fungsi lindung (kawasan lindung) perlu dilakukan rehabilitasi lahan untuk mencegah terjadinya degradasi lahan, sehingga kerusakan DAS dapat dihindari.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap aspek sosial dan ekonomi dalam menentukan penggunaan lahan yang optimum di DAS Separi.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad S. 2006. Konservasi tanah dan air. IPB Press. Bogor.

Ebrahimian M *et al.* 2009. Application of natural resources conservation service - curve number method for runoff estimation with GIS in the Kardeh Watershed, Iran. *European J of Sci Research* 34:575-590.

Fahrudin M. 2003. Kajian respon hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan DAS Ciliwung dengan model SEDIMOT II [tesis]: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Garcia A *et al.* -2008. Surface water resources assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain. *J Hydrol* 356:312-326.

Harto S. 2000. Hidrologi. Teori-masalah-penyelesaian. Yogyakarta. Nafiri.

Knebl MR, Yang ZL, Huthison K, Maidment DR. 2005. Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm even. *J Environ Management* 75:325-336.

Noordwijk MV *et al.* 2004. Peranan agroforestri dalam mempertahankan fungsi hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS). *Agrivita* 26.

Noy EHS. 2005. Perencanaan Penggunaan Lahan untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di DAS Lahumbuti Sulawesi Tenggara. [tesis]: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor

Presiden Republik Indonesia. Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 32 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung.

Sadeghi SHR, Mahdavi M. 2004. Applicability of SEDIMOT II Model in flood and sediment yield estimation. *J Agric Sci Technol* 6:147-154.

Schwab GO, Frevert RK, Edminster TW, Barnes KK. 1981. Soil and water conservation engineering. Ed ke-3. John Wiley and Sons. New York.

US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center. 2000. Hydrologic Modeling System, HEC-HMS (User's Manual).