**APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PERHITUNGAN
KOEFSIEN ALIRAN PERMUKAAN DI SUB DAS NGUNUT I, JAWA TENGAH**
*(Application of Geographic Information System for Runoff Coefficient Calculation
in The Ngunut I Sub Watershed, Central Java)*

Oleh/By :

Nining Wahyuningrum¹⁾ dan/and Irfan Budi Pramono²⁾

Balai Penelitian Kehutanan Solo

Jl. Jend. A. Yani-Pabelan, Kartasura PO. BOX. 295 Surakarta 57102 Telp./Fax : (0271) 716709 dan 716959

e-mail : bp2tpdas@indo.net.id; ¹⁾nining0709@yahoo.com; ²⁾ibpramono@yahoo.com

*) Diterima : 18 Juni 2007; Disetujui : 18 Desember 2007

ABSTRACT

Information about runoff quantity is essential for a watershed management. Amount of runoff is influenced by land cover, soil, and slope. Important parts of runoff are peak runoff, time concentration, volume and distribution. These parameters determine condition of a watershed. However, to assess runoff alteration in a watershed these parameters should be directly measured before and after treatments. Land cover change is one example of a treatment that can change the volume, distribution and peak runoff. This paper will discuss a method of applying Geographic Information System (GIS) to estimate runoff coefficient in Ngunut I Sub Watershed compared to the hydrologic measurement using Automatic Water Level Recorder (AWLR) and manual calculation of runoff coefficient using rational equation. GIS works by overlying soil, slope and land cover map to estimate runoff coefficient. It concluded that GIS could be applied in runoff coefficient estimation since its deviation was small (-2.67 %) compared to direct measurement. Not only the runoff coefficient estimation, but GIS can also demonstrate the distribution of runoff coefficient and also detect locations and influencing factors off runoff. In a watershed management, this information are very crucial in order to find proper measures to control runoff in proper locations.

Key words : GIS, runoff coefficient, rational model

ABSTRAK

Informasi tentang besarnya aliran permukaan sangat diperlukan dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Besarnya aliran permukaan dipengaruhi oleh jenis penutupan lahan, tanah, dan kelerengan. Bagian penting dari aliran permukaan adalah debit puncak (*peak runoff*), waktu konsentrasi, volume dan distribusinya. Parameter ini mencerminkan kondisi suatu DAS. Namun demikian, untuk mengetahui perubahan dalam suatu DAS, parameter ini harus diukur langsung sebelum dan sesudah suatu perlakuan diterapkan. Perubahan penutupan lahan adalah salah satu contoh dari perlakuan ini yang dapat merubah volume, distribusi, dan debit puncak. Tulisan ini akan membahas metode pengaplikasian Sistem Informasi Geografis (SIG) dan rumus rasional untuk mengestimasi koefisien aliran permukaan di Sub DAS Ngunut I dibandingkan dengan pengukuran langsung dengan AWLR dan perhitungan secara manual koefisien aliran permukaan dengan rumus rasional. SIG bekerja dengan cara menumpangsusunkan peta penutupan lahan, tanah, dan kelerengan untuk mengestimasi koefisien aliran permukaan. Disimpulkan bahwa SIG dapat diaplikasikan untuk mengestimasi koefisien aliran permukaan dengan penyimpangan sebesar -5,2 % dan 3,3 % dibandingkan dengan pengukuran langsung. Tidak hanya estimasi besarnya koefisien aliran permukaan, SIG juga dapat memperlihatkan penyebaran dan pola penyebaran koefisien aliran permukaan serta mendeteksi faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dalam pengelolaan DAS informasi ini sangat penting dalam rangka untuk menentukan tindakan-tindakan yang tepat untuk mengendalikan aliran permukaan di unit lahan yang tepat pula.

Kata kunci : SIG, koefisien aliran permukaan, model rasional

I. PENDAHULUAN

Informasi mengenai besarnya aliran permukaan sangat diperlukan dalam

pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Aliran permukaan terjadi ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah (Dunne dan

Leopold, 1978). Aliran permukaan merupakan bagian dari hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai, danau, dan lautan (Asdak, 1995). Ketika hujan jatuh di atas tanah akan menabrak permukaan yang mengarahkan ke arah mana alirannya mencapai saluran. Jalur yang dilalui aliran tersebut dapat menjelaskan tentang karakteristik bentang lahan (*landscape*), besarnya aliran permukaan, jenis penggunaan lahan, dan strategi pengelolaan lahan (Dunne dan Leopold, 1978). Bagian penting yang harus diketahui dari aliran permukaan ini adalah besarnya debit puncak (*peak runoff*), waktu tercapainya debit puncak, volume serta penyebarannya (Asdak, 1995). Informasi ini akan memberikan gambaran lokasi-lokasi yang memberi kontribusi aliran permukaan yang besar, sehingga diketahui daerah-daerah yang memerlukan penanganan khusus.

Jumlah air yang tersedia, debit maksimum, dan debit minimum merupakan parameter hidrologi yang mencerminkan kondisi suatu DAS. Untuk menilai perkembangan atau perubahan kondisi suatu DAS maka parameter-parameter tersebut harus diukur, baik sebelum maupun sesudah suatu perlakuan diterapkan. Dengan adanya pembukaan lahan hutan yang berakibat menurunnya kapasitas infiltrasi, akan mengakibatkan kenaikan jumlah aliran permukaan. Kegiatan deforestasi, pembangunan jalan atau pembangunan lainnya yang menyebabkan buruknya drainase tanah dapat berakibat terbentuknya *zone saturasi* sehingga menghasilkan aliran permukaan. Zone yang menghasilkan aliran permukaan juga membawa sedimen, unsur hara tanaman, bakteri, dan polutan lainnya. Informasi ini bermanfaat untuk prediksi banjir dan waktu terjadinya banjir seperti yang dikemukakan oleh Dunne dan Leopold (1978).

Koefisien aliran (C) merupakan perbandingan antara volume aliran permukaan dengan volume hujan yang jatuh. Akhirnya C dapat dijadikan sebagai indikator gangguan fisik dalam suatu DAS.

Nilai C makin besar menunjukkan bahwa semakin banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan. Kesalahan dalam menentukan nilai C akan berpengaruh pada kesalahan penaksiran aliran permukaan.

Banyak metode hidrologi yang dapat digunakan untuk mengestimasi debit puncak, namun demikian satu metode tidak dapat digunakan untuk semua DAS. Metode rasional (*rational runoff method*) banyak digunakan untuk mengestimasi debit puncak dan metode ini merupakan metode yang sederhana namun dapat menghasilkan estimasi yang handal (*reliable*). Namun demikian validasi metode ini sulit dilakukan karena beberapa parameter seperti waktu konsentrasi dan koefisien limpasan sulit diukur secara langsung (Hayes dan Young, 2006).

Dalam tulisan ini akan dikemukakan tentang bagaimana memprediksi koefisien aliran permukaan (C) dengan menggunakan metode rasional (Dunne dan Leopold, 1978) dengan menggunakan data debit puncak yang diukur secara langsung dengan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Perhitungan nilai C dengan penerapan SIG dilakukan melalui analisis spasial untuk mengetahui sumbangan C masing-masing lokasi sesuai dengan kondisi kelerengan, jenis tanah, dan penutupan lahan. Dengan demikian, akan diperoleh informasi tentang distribusi dan pola distribusi lokasi-lokasi yang memberikan sumbangan nilai C tinggi beserta luas areanya, sehingga akan sangat bermanfaat sebagai masukan dalam perencanaan kegiatan konservasi lahan. Selain itu nilai C yang diperoleh dengan aplikasi SIG ini dapat digunakan untuk memprediksi aliran permukaan dan debit puncak apabila data pengukuran langsung debit sungai tidak tersedia.

II. METODE PENELITIAN

A. Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Sub DAS Ngunut I yang secara administratif terletak

di Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis terletak di koordinat 7°39'22"-7°40'30,2" LS dan 110°59'2,07"-111°01'0,85" BT. Penelitian dilakukan pada tahun 2006. Pada lokasi penelitian hanya terdapat dua jenis tanah yang dominan yaitu mediteran coklat dan mediteran merah. Deskripsi kondisi tanah secara lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Penakar hujan terletak di daerah hulu (manual) dan hilir (otomatis) Sub DAS Ngunut I. Hujan tahunan sebesar 2.080 mm. Distribusi hujan bulanan dapat dilihat pada Lampiran 2.

B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam kegiatan ini adalah :

1. Peta topografi RBI, skala 1:25.000, tahun 2000
2. Peta tanah, skala 1:25.000 (BP2TP-DAS-IBB, 2006)
3. Penggunaan lahan RBI, skala 1:25.000, tahun 2000
4. Citra *landsat* 7 ETM+, tahun 2001
5. GPS (*Global positioning system*)
6. AWLR (*Automatic water level recorder*)
7. Penakar hujan
8. *Ring infiltrometer*
9. Peralatan lapangan dan survei tanah
10. *Software Erdas Imagine 8.5, ArcGIS 9, MS office 2003.*

C. Parameter yang Diamati

Parameter yang diukur terdiri dari :

1. Jenis penutupan lahan
2. Infiltrasi
3. Lereng

4. Hujan
5. Debit

D. Metode Pengambilan Sampel

Parameter jenis penutupan lahan diperoleh melalui analisis citra, pengambilan sampel untuk analisis tersebut dilakukan secara *purposive* berdasarkan hasil klasifikasi citra sementara secara *unsupervised classification* dengan menggunakan *Erdas Imagine*. Jumlah sampel 30 titik, pada setiap lokasi sampel dicatat jenis penutupan dan letak koordinatnya. Penyebaran lokasi sampel tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1. Pengukuran infiltrasi dilakukan untuk setiap jenis penutupan lahan yang ada, masing-masing dengan ulangan tiga kali. Terdapat lima jenis penutupan lahan, yaitu hutan, kebun campuran, tegal, sawah, dan perkampungan. Dengan demikian terdapat 15 sampel yang berasal dari lima jenis penutupan lahan. Parameter lereng diperoleh dari peta topografi yang diubah menjadi DEM (*Digital Elevation Model*) dan selanjutnya dikonversi menjadi lereng dengan menggunakan ArcGIS 9. Parameter hujan dan debit diperoleh dari pengamatan langsung melalui stasiun pengamatan arus sungai (SPAS) pada *outlet* Sub DAS Ngunut I dengan pemasangan penakar hujan dan AWLR. Dari kedua alat tersebut diperoleh besarnya hujan dan debit maksimum melalui pengukuran secara langsung.

E. Analisis Data

Analisis penutupan lahan dilakukan dengan menggunakan metode *supervised classification* berdasar pada hasil *unsupervised classification* dan sampel titik di lapangan.

Tabel (Table) 1. Deskripsi kondisi tanah Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Soil conditions of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

No. (No.)	Jenis tanah (Soil types)	pH (pH)	Tekstur (Texture)	Tingkat erosi (Erosion level)	Luas (Area)(ha)
1.	Mediteran coklat (Brown mediteran)	4,8-6,0	Lempung-geluh lempung pasir (Clay-sandy clay loam)	Berat (Severe)	584,2
2.	Mediteran merah (Red mediteran)	4,3-5,7	Lempung (Clay)	Sangat berat (Very severe)	179,4

Sumber (Source) : Data primer (*Primary data*)

Tabel (Table) 2. Nilai koefisien *runoff* untuk setiap kelas kelerengan, infiltrasi, dan penutupan lahan di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Run off coefficient for each slope, infiltration and land cover classes of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

Kelerengan (Slope) (%)*		Infiltrasi (Infiltration)**		Penutupan lahan (Land cover)***	
Kelas (Class)	C	Kelas (Class)	C	Kelas (Class)	C
0-3	0,3	Rendah (Low) (0,1-0,3 cm/menit)	0,75	Sawah (Paddy field)	0,2
3-8	0,4	Sedang (Medium) (0,3-0,5 cm/menit)	0,50	Hutan tanaman (Plantation forest)	0,3
8-15	0,5	Tinggi (High) (> 0,5 cm/menit)	0,25	Kebun campur (Mixed garden)	0,4
15-25	0,6			Tegal (Dry land)	0,5
>25	0,7			Pemukiman (Settlement)	0,9

Sumber (Sources) :

* dan ** dimodifikasi dari Subarkah, 1980 (* and ** modified from Subarkah, 1980), *** modifikasi dari Dunne dan Leopold, 1978 (*** modified from Dunne and Leopold, 1978)

Laju infiltrasi diukur pada berbagai variasi penutupan lahan dan jenis tanah. Besarnya kelerengan diperoleh dari DEM yang diklasifikasikan menjadi lima kelas lereng tertentu, yaitu 0-3%, 3-8%, 8-15%, 15-25%, dan >25%. Seperti telah disebutkan di muka bahwa nilai C tergantung pada kelerengan, jenis tanah, dan penutupan lahan, masing-masing faktor tersebut diklasifikasikan dan tiap kelas diberi nilai. Nilai C tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Nilai C untuk setiap kelas kelerengan, infiltrasi, dan penutupan lahan tersebut dipetakan dengan bantuan ArcGIS 9. Dengan demikian akan diperoleh tiga peta nilai C, yaitu C berdasar kelas lereng, infiltrasi, dan penutupan lahan. Ketiga peta tersebut kemudian ditumpangsusunkan (*overlay*). Tumpangsusun ini menghasilkan poligon-poligon dengan luas tertentu yang menggambarkan lahan atau lokasi yang mempunyai nilai C yang sama dan selanjutnya disebut unit lahan. Untuk mengetahui kontribusi masing-masing unit lahan terhadap nilai C Sub DAS Ngunut I, maka pada setiap unit lahan dihitung nilai C tertimbang. C tertimbang ini diperlukan karena selain faktor kelas kelerengan, infiltrasi, dan penutupan lahan, faktor luas juga berpengaruh memberi sumbangan C total dalam Sub DAS Ngunut I. Selain itu C tertimbang juga dapat memperlihatkan kontribusi setiap unit lahan dengan luas tertentu terhadap Sub DAS Ngunut I secara keseluruhan.

Dengan SIG, C tertimbang masing-masing unit lahan dihitung menggunakan rumus:

$$C_{\text{tertimbang}} = \frac{C_{\text{rata}} * a}{A} \dots\dots\dots(1)$$

$$C_{\text{rata}} = \frac{C_{\text{slope}} + C_{\text{infil}} + C_{\text{cover}}}{3} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana :

- $C_{\text{tertimbang}}$ = Koefisien aliran permukaan tertimbang
- C_{rata} = Koefisien aliran permukaan rata-rata dari tiga kelas
- C_{slope} = Koefisien aliran permukaan berdasar kelas kelerengan
- C_{infil} = Koefisien aliran permukaan berdasar kelas infiltrasi
- C_{cover} = Koefisien aliran permukaan berdasar kelas penutupan lahan
- a = luas unit lahan
- A = luas Sub DAS Ngunut I

Selanjutnya nilai C tertimbang masing-masing unit lahan dijumlahkan untuk memperoleh nilai C Sub DAS Ngunut I secara keseluruhan.

Untuk mengetahui sumbangan C masing-masing unit lahan terhadap C Sub DAS Ngunut I, maka nilai C tertimbang masing-masing unit lahan dikelaskan menjadi beberapa kelas, yaitu rendah (0-0,001), sedang (0,001-0,002), tinggi (0,002-0,003), dan sangat tinggi (> 0,003).

Nilai C total Sub DAS Ngunut I dari hasil perhitungan dengan menggunakan

SIG kemudian dibandingkan dengan nilai C hasil perhitungan dengan rumus rasional. Dalam rumus rasional tersebut nilai C dihitung dengan memasukkan nilai debit puncak, intensitas hujan maksimum, dan luas DAS dari pengukuran langsung.

Rumus rasional yang digunakan adalah (Subarkah, 1980) :

$$Q_{pk} = 0,278CIA \dots\dots\dots(3)$$

Di mana :

Q_{pk} = Debit puncak (m^3/dtk)

C = Koefisien *runoff* yang didasarkan pada faktor-faktor daerah pengaliran seperti jenis tanah, kemiringan, keadaan hutan penutupnya dan besar kecilnya banjir, intensitas hujan selama *time of consentration*, dan luas daerah pengaliran

I = Intensitas hujan maksimum selama waktu yang sama *time of consentration* (mm/jam)

A = Luas DAS (km^2).

Intensitas hujan (I) didapat dari persamaan Mononobe (Sosrodarsono dan Takeda, 1977) :

$$I = \frac{R}{24} - \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(4)$$

Di mana :

I = Intensitas hujan selama *time of concentration* (mm/jam)

R = Hujan sehari (mm)

T_c = *Time of concentration* (jam)

Time of concentration dihitung dengan persamaan (Sosrodarsono dan Takeda, 1977) :

$$T_c = \frac{(0,869 \times L^3)^{0,385}}{H} \dots\dots\dots(5)$$

Di mana :

T_c = *Time of concentration* (jam)

L = Panjang sungai utama (km)

H = Beda tinggi antara titik tertinggi dengan titik terendah pada *catchment area* (m)

Hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung, sedangkan penyimpangannya dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyimpangan} = \frac{C_{\text{pengukuran}} - C_{\text{GIS}}}{C_{\text{pengukuran}}} \times 100\% \dots\dots(6)$$

Di mana :

$C_{\text{pengukuran}}$ = C hasil pengukuran langsung

C_{GIS} = C dengan SIG

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran infiltrasi pada beberapa jenis penutupan lahan disajikan pada Tabel 3. Dengan demikian menurut Tabel 2, 50% Sub DAS Ngunut I dapat dikategorikan mempunyai tingkat infiltrasi rendah, sedangkan 26% dan 24% berturut-turut adalah tingkat sedang dan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dari parameter infiltrasi, 50% area memberi nilai C yang tinggi (0,75), artinya bahwa 50% area di Sub DAS Ngunut I menghasilkan *runoff* 75% dari jumlah hujan yang jatuh.

Distribusi tingkat infiltrasi di Sub DAS Ngunut I dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari klasifikasi DEM diperoleh hasil bahwa di Sub DAS Ngunut I dapat dikatakan cukup datar, hanya 6% area yang mempunyai lereng 15-25% atau lebih, sedangkan 9%, 44%, dan 41% masing-masing mempunyai lereng 0-3%, 3-8%, dan 8-15% (Tabel 4). Distribusi kelas kelerengan Sub DAS Ngunut I dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan lereng yang relatif datar ini maka kontribusinya terhadap nilai C akan rendah.

Tabel (Table) 3. Infiltrasi untuk beberapa jenis penutupan lahan di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah
(*Infiltration level for each land cover types of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

No.	Jenis penutupan lahan (<i>Land cover types</i>)	Tingkat infiltrasi (cm/mnt) (<i>Infiltration rate</i>)(cm/minute)	Luas (Area) (ha)	Persentase (<i>Percentage</i>) (%)
1	Kampung	0,2	194,37	25,42
2	Tegal	0,3	184,50	24,13
3	Kebun campur	0,4	115,66	15,13
4	Sawah	0,33	84,16	11,01
5	Hutan	0,56	185,82	24,31
		Jumlah	764,51	100,00

Gambar (Figure) 1. Peta tingkat infiltrasi Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Infiltration map of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

Tabel (Table) 4. Distribusi kelas lereng di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Slope classes distribution of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

No.	Kelas lereng (<i>Slope classes</i>)	Nilai C (<i>C value</i>)	Luas (<i>Area</i>) (ha)	Persentase (<i>Percentage</i>) (%)
1	0-3	0,30	173,07	22,64
2	3-8	0,40	232,71	30,44
3	8-15	0,50	315,53	41,27
4	15-25	0,60	43,15	5,64
5	>25	0,70	0,06	0,01
Jumlah			764,51	100,00

Gambar (Figure) 2. Peta distribusi kelas kelerengan di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Slope classes distribution map of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

Hasil analisis citra *Landsat 7 ETM+* tahun 2003 menunjukkan bahwa penutupan lahan di lokasi penelitian tidak menunjukkan adanya dominansi salah satu jenis (Tabel 5). Berturut-turut jenis penutupan lahan yang ada adalah kampung (25%), hutan (24%), tegal (24%), kebun (Annabel Porte, 2002) dan Sawah (11%), sedangkan distribusi masing-masing jenis penutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 3. Parameter penutupan lahan memberikan kontribusi C Sub DAS Ngunut I yang hampir merata dari C rendah sampai tinggi.

Pemasukan nilai C pada masing-masing peta dilakukan dengan ArcMap dengan menu *select by attribute* dan *value*

calculation pada data atribut masing-masing peta dengan menuliskan bahasa persamaan sederhana (*simple query language, SQL*).

Sebelum ketiga peta tersebut ditumpang-susunkan, peta-peta tersebut mengalami penyesuaian, yaitu data *raster* harus diubah menjadi data *vector*. Peta penutupan lahan dan kelerengannya yang merupakan data *raster*, harus diubah menjadi *shapefile* yang berbentuk *vector*. Dengan demikian terdapat sedikit perubahan luas masing-masing peta dari luas semula, sehingga kedua peta tersebut harus dipotong dengan batas Sub DAS sekali lagi agar semua peta yang akan ditumpang-susunkan mempunyai luas yang sama.

Tabel (Table) 5. Distribusi penutupan lahan Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Land cover types distribution of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

No.	Jenis penutupan lahan (<i>Land cover types</i>)	Nilai C (<i>C Value</i>)	Luas (<i>Area</i>) (ha)	Persentase (<i>Percentage</i>) (%)
1	Kampung	0,90	194,37	25,42
2	Tegal	0,50	184,50	24,13
3	Kebun campur	0,40	115,66	15,13
4	Sawah	0,20	84,16	11,01
5	Hutan	0,30	185,82	24,31
Jumlah			764,51	100.00

Gambar (Figure) 3. Peta penutupan lahan Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Landcover map of Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

Perhitungan C rata-rata dan C tertimbang dilakukan juga dengan *value calculation* seperti pada pemasukan nilai C. Dari hasil tumpang-susun peta kelas lereng, infiltrasi, dan penutupan lahan, diperoleh lebih kurang 4.000 unit lahan. Masing-masing unit lahan tersebut mempunyai nilai kelas lereng, infiltrasi, dan jenis penutupan lahan serta nilai C berdasar ketiga faktor tersebut. Distribusi nilai C tersebut disajikan pada Gambar 4.

Hasil perhitungan C rata-rata dan C tertimbang dengan menggunakan rumus (1) dan (2) dengan bantuan ArcMap dapat ditampilkan nilai minimum, maksimum, jumlah, rata-rata serta standard deviasinya melalui menu *statistics*. Tampilan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Nilai koefisien limpasan Sub DAS Ngunut I diperoleh dari nilai *mean* dari C rata-rata (Tabel 6a) yaitu 0,508 atau merupakan penjumlahan (*sum*) dari nilai C tertimbang (Tabel 6b) yaitu 0,498. Kedua nilai tersebut tidak berbeda dengan nilai C hasil pengukuran langsung dan perhitungan dengan rumus rasional (Tabel 7). Dengan menggunakan rumus (6) terlihat bahwa penyimpangan nilai C_{SIG} dengan pengukuran langsung sangat kecil, yaitu hanya -4,53% dan -2,67%. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi SIG dapat diterapkan untuk perhitungan C suatu DAS karena hasilnya mendekati hasil pengukuran langsung dan perhitungan secara manual dengan rumus rasional.

Tabel (Table) 6. Statistik nilai koefisien limpasan Sub DAS Ngunut I dihitung berdasarkan koefisien limpasan rata-rata (a) dan tertimbang (b) (*Runoff coefficients statistics of Ngunut I Sub Watershed based on average and weighed coefficients*)

Statistics of hitung_c		Statistics of hitung_c	
Field		Field	
C_rata2		C_tertim	
Statistics:		Statistics:	
Count:	4917	Count:	4917
Minimum:	0.280000	Minimum:	0.000000
Maximum:	0.750000	Maximum:	0.003680
Sum:	2496.690002	Sum:	0.498510
Mean:	0.507767	Mean:	0.000101
Standard Deviation:	0.142420	Standard Deviation:	0.000206
(a)		(b)	

Tabel (Table) 7. Hasil perhitungan C dengan rumus rasional dan dengan pengukuran debit secara langsung di Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Calculation of C using rational equation and direct peak run off measurement of Ngunut I Sub watershed, Central Java*)

Hujan (<i>Precipitation</i>) (mm)	Intensitas hujan (mm/jam) (<i>Intensity of Precipitation</i>) (mm/hour)	Luas (<i>Area</i>) (km ²)	Debit maksimum (m ³ /dtk) (<i>Peak runoff</i>) (m ³ /sec)	C
45	11	7,64	11,54	0,49
50	13	7,64	12,83	0,46
87	21	7,64	22,32	0,50
Rata-rata				0,486

Sumber (*Resource*) : BP2TPDAS-IBB (2006)

Gambar (Figure) 4. Distribusi nilai C Sub DAS Ngunut I, Jawa Tengah (*Distribution of C in Ngunut I Sub Watershed, Central Java*)

Distribusi nilai C pada masing-masing unit lahan dapat digambarkan dengan menampilkan kelas C pada peta. Dari peta tersebut dapat terlihat seberapa besar kontribusi suatu area (unit lahan) terhadap nilai C total dalam Sub DAS Ngunut I. Karena nilai C sangat bervariasi, maka agar lebih mudah untuk ditampilkan, nilai C dikelaskan menjadi tiga kelas, yaitu rendah ($< 0,3$), sedang ($0,3-0,6$), dan tinggi ($0,6-0,8$). Distribusi nilai C tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Dengan dapat ditampilkannya distribusi dan pola distribusi nilai C tersebut, diharapkan dapat mempermudah dalam pencarian unit-unit lahan yang mempunyai nilai tinggi. Dengan demikian dapat ditemukan lokasi-lokasi yang memerlukan tindakan konservasi untuk keperluan pengelolaan DAS. Selanjutnya, dari gambar tersebut dapat dilihat lebih detail lagi ke dalam data atribut tentang penyebab tingginya nilai C di suatu unit lahan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perbedaan nilai C di Sub DAS Ngunut I antara hasil pendugaan dengan

GIS dan hasil pengukuran langsung hanya -4,53% dan -2,67%.

2. SIG dapat dimanfaatkan untuk menghitung nilai C suatu DAS apabila data pengukuran hujan dan debit tidak tersedia secara seri. Selanjutnya nilai C yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi debit puncak untuk keperluan pengelolaan DAS (perencanaan, pelaksanaan, dan monitoring evaluasi).
3. SIG dapat juga menggambarkan distribusi nilai C untuk masing-masing unit lahan dengan kondisi kelas kelelahan, infiltrasi, dan penutupan lahan yang berbeda-beda. Dengan demikian dapat terdeteksi unit-unit lahan yang memerlukan tindakan konservasi.

B. Saran

Aplikasi SIG untuk perhitungan nilai C ini direkomendasikan terutama apabila tidak tersedia data hujan dan debit. Prediksi debit puncak suatu DAS atau sub DAS dapat dilakukan dengan mudah bila tersedia data penutupan lahan, kelas lereng, dan jenis tanah. Dengan memanfaatkan *software* seperti ArcMap, ArcInfo,

dan ArcView dan juga pemanfaatan *tool* untuk *query*, perhitungan prediksi debit puncak dan distribusinya dapat dengan mudah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Annabel Porte, P. T., D. Bert, D. Loustau. 2002. Allometric Relationship for Branch and Tree Woody Biomass of Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.). Forest Ecology and Management 158:71-83.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Edisi Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- BP2TPDAS-IBB. 2006. Laporan Hasil Penelitian Pemodelan Hidrologi DAS. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan. Surakarta.
- Dunne, T., dan L. B. Leopold. 1978. Water in Environment Planning. W.H Freeman and Company, New York.
- Hayes, D. C., dan R. L. Young. 2006. Comparison of Peak Discharge and Runoff Characteristic Estimates from the Rational Method to Field Observations for Small Basins in Central Virginia. U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey, Richmond, Virginia.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1977. Hidrologi untuk Pengairan. Edisi Pertama. Association for International Technical Promotion. Tokyo.
- Subarkah, I. 1980. Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air. Edisi Kedua. Idea Dharma. Bandung.

Lampiran (Appendix) 1. Lokasi sampel lapangan (*Location of field samples*)

Lampiran (Appendix) 2. Distribusi hujan bulanan (*Monthly rainfall distribution of Ngunut I watershed*)

Tahun (Year)	Bulan (Month) (mm)												Jumlah (Ammoun) (mm)
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1974	253	611	389	307	212	33	41	119	138	459	317	392	3271
1975	516	270	529	350	313	83	11	59	286	594	466	424	3899
1976	701	414	251	120	7	3	5	51	17	247	333	212	2359
1977	269	262	283	193	24	171	0	0	1	2	142	410	1756
1978	391	330	392	197	229	353	141	140	100	160	313	317	3062
1979	394	320	448	501	332	50	10	8	8	80	225	382	2757
1980	365	270	331	329	51	13	47	48	0	74	464	357	2349
1981	628	389	335	180	156	103	205	37	108	210	287	347	2985
1982	503	459	251	284	16	11	7	0	0	0	134	380	2044
1983	480	164	323	426	67	56	1	35	226	99	139	454	2470
1984	480	164	323	426	67	56	1	35	226	99	139	454	2470
1985	460	347	364	314	35	100	58	14	40	201	337	218	2488
1986	324	358	377	70	4	142	34	0	93	113	309	243	2067
1987	356	385	280	71	72	7	28	0	0	1	132	298	1629
1988	289	354	247	96	182	75	4	11	0	45	248	0	1551
1989	337	338	54	121	65	57	93	0	0	54	41	71	1231
1990	126	178	71	140	77	37	29	3	9	35	84	263	1052
1991	259	412	139	142	19	0	1	0	6	11	99	323	1411
1992	343	326	300	387	35	16	35	71	33	182	443	363	2534
1993	609	204	317	230	160	48	18	4	12	6	361	296	2265
1994	385	424	534	265	13	3	0	0	0	8	54	196	1882
1995	280	488	304	188	67	85	30	1	10	111	482	146	2192
1996	389	420	307	332	24	20	0	27	28	198	120	94	1959
1997	175	451	45	122	74	4	1	0	0	3	73	140	1088
1998	82	342	653	339	161	274	298	10	90	242	283	356	3128
1999	514	377	254	202	68	38	45	0	0	105	511	372	2485
2000	286	366	596	387	105	14	6	44	1	348	304	124	2581
2001	103	12	81	168	29	0	0	0	0	0	0	0	393
2002	182	179	123	125	70	5	1	0	0	0	13	238	936
2003	201	308	199	19	40	14	0	0	7	113	152	162	1215
2004	260	165	90	-	-	-	38	-	-	5	191	212	961
Jumlah	10938	10086	9189	7031	2773	1868	1186	716	1439	3803	7195	8243	64469
Rerata	353	325	296	234	92	62	38	24	48	123	232	266	2080

Sumber (Source): Data primer (*Primary data*)