

Metode Alternatif Perhitungan Koefisien Aliran Permukaan Menurut Model Simulasi Debit Berdasarkan Aplikasi Konsep Hidrograf Satuan (Studi Kasus Sub DAS Kali Kripik)

Alternative Method for Calculating Runoff Coefficient Based on Discharge Simulation Model by Applying Unit Hydrograph Concept (Kali Kripik Sub Watershed Case Study)

BUDI KARTIWA DAN GATOT IRIANTO¹

ABSTRAK

Makalah ini membahas perbandingan dua metode perhitungan koefisien aliran permukaan (Kr), yaitu metode klasik dan metode alternatif. Metode pertama menghitung Kr berdasarkan analisis pemisahan hidrograf (klasik), sedangkan metode kedua dengan model simulasi debit berdasarkan aplikasi konsep hidrograf satuan. Untuk memperoleh nilai Kr klasik dan Kr alternatif, telah dilakukan analisis pemisahan hidrograf menurut metode sederhana dan simulasi debit menurut model transfer hujan-debit H2U (*Hydrogramme Unitaire Universel*) terhadap 47 episode hujan dan debit di sub-DAS Kripik antara bulan September 1998 dan Maret 1999. Model H2U menghitung debit berdasarkan produk konvolusi antara curah hujan neto dan kurva kerapatan DAS. Nilai Kr menurut model ini ditetapkan berdasarkan pilihan Kr yang menghasilkan kurva debit simulasi dengan puncak yang berimpit puncak kurva debit pengamatan. Selama periode September 1998 - Maret 1999, nilai Kr klasik sub-DAS Kripik bervariasi antara 2,8 dan 69,1%, sedangkan Kr alternatif antara 1,0 dan 49,8%. Selisih terkecil antara Kr klasik dan alternatif 0,3%, sedangkan terbesar 26,5%. Berdasarkan analisis regresi terhadap seri data Kr klasik dan alternatif, diperoleh nilai R^2 0,9312. Menurut kriteria Nash-Sutcliffe, nilai koefisien F antara Kr klasik dan alternatif 0,6829. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa secara statistik Kr alternatif memiliki nilai yang relatif sama dengan Kr klasik.

ABSTRACT

Comparison of two method on calculating runoff coefficient (Cr), is discussed in this paper i.e. classical method and alternative method. The first one calculates Cr based on the hydrograph separation analyses, and the second one based on the discharge model simulation by applying unit hydrograph concept. The classical Cr values is calculated using simple method and the alternative Cr values is calculated using H2U (*Hydrogramme Unitaire Universel*) transfer rainfall-discharge model, for 47 rainfall and discharge events from September 1998 to March 1999 on Kripik sub Watershed. The H2U model calculates discharge based on convolution product between excess rainfall and hydrological network density that was represented by probability density function. The Cr value according to this model is determined when the Cr is resulting the best discharge simulation. During the period of September 1998 to March 1999, the classical Cr value varied between 2,8 to 69,1%, while alternative Cr between 1,0 to 48,8%. The smallest and the biggest differences between classical and alternative Cr values were 0,3% and 26,5%, respectively.

According to regression analyses and Nash-Sutcliffe criterion, the coefficient of determination (R^2) and the coefficient of efficiency (F) were 0,9312 and 0,6829, respectively. Statistically, these values indicate that the alternative Cr value was similar to classical one.

Keywords : *Kripik sub watershed; Coefficient run-off; Excess rainfall; Convolution; Probability density function; Unit hydrograph; H2U.*

PENDAHULUAN

Koefisien aliran permukaan (*run-off coefficient*), adalah rasio/nisbah antara aliran permukaan dan curah hujan yang jatuh dalam suatu sistem DAS (daerah aliran sungai). Besar-kecilnya koefisien aliran permukaan dapat menggambarkan tingkat kekritisitas suatu DAS, utamanya kondisi hidrologisnya.

Dalam suatu siklus hidrologi, aliran permukaan adalah bagian dari curah hujan yang tidak terinfiltrasi oleh tanah ataupun terintersepsi oleh tajuk tanaman, yang mengalir di atas permukaan tanah untuk selanjutnya mencapai sungai (Viessman *et al.*, 1977). Aliran permukaan (*run-off*) merupakan komponen terbesar penyumbang debit pada saat terjadi banjir. Untuk menghitung volume aliran permukaan, para hidrolog menggunakan metode klasik yang dikenal dengan metode analisis pemisahan hidrograf (*hydrograph separation*) (Llamas, 1993). Metode ini memisahkan aliran permukaan langsung (*direct run-off*) dengan aliran dasar (*baseflow*) berdasarkan analisis hidrograf. Nilai koefisien aliran permukaan

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor

(Kr), menurut metode ini, selanjutnya dihitung berdasarkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan curah hujan yang terjadi.

Dalam makalah ini dibahas satu metode alternatif perhitungan koefisien aliran permukaan menurut model simulasi debit berdasarkan aplikasi konsep hidrograf satuan (*unit hydrograph*). Konsep hidrograf satuan pertama kali dikembangkan oleh Sherman, seorang hidrolog Inggris pada tahun 1932, yang kemudian terus dikembangkan dan dimodifikasi oleh para hidrolog lainnya sampai saat ini. Hidrograf satuan adalah suatu hidrograf tipikal dari suatu basin yang merupakan penjumlahan hidrograf-hidrograf dasar. Disebut hidrograf satuan, karena untuk penyederhanaan, volume aliran permukaan pada hidrograf disesuaikan dengan 1 cm kedalaman ekuivalen di atas basin. Hidrograf dasar sendiri adalah gambaran teorik kurva aliran permukaan DAS kecil dan kedap yang mendapatkan input curah hujan yang konstan (Sherman, 1932).

Salah satu model simulasi debit berdasarkan aplikasi konsep hidrograf satuan adalah model H2U (*Hidrogramme Unitaire Universel*) yang dikembangkan oleh J. Duchesne dari ENSAR, Perancis. Menurut model ini, debit simulasi dihasilkan dari produk konvolusi antara kurva kerapatan DAS dan curah hujan neto. Curah hujan neto dihitung dari perkalian koefisien aliran permukaan dengan hujan bruto (curah hujan yang terukur oleh penakar).

BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian

Penelitian dilakukan di sub-DAS Kali Kripik, DAS Garang, Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah antara bulan September 1998 dan Maret 1999. Bahan yang diperlukan meliputi data curah hujan dan data debit selang 6 menit untuk setiap kejadian banjir. Pertimbangan waktu 6 menit adalah selain optimum juga mampu merekam periode

antara hujan maksimum dan debit puncak untuk kedua DAS yang mempunyai panjang sungai rata-rata 4,78 km dan 5,32 km, berturut-turut untuk sub-DAS Kripik dan Sikopek.

Perhitungan koefisien aliran permukaan menurut metode klasik

Dalam suatu sistem DAS, para hidrolog menghitung koefisien aliran permukaan menggunakan rumus berikut :

$$Kr = \frac{Vr.1000}{S.h}$$

dimana :

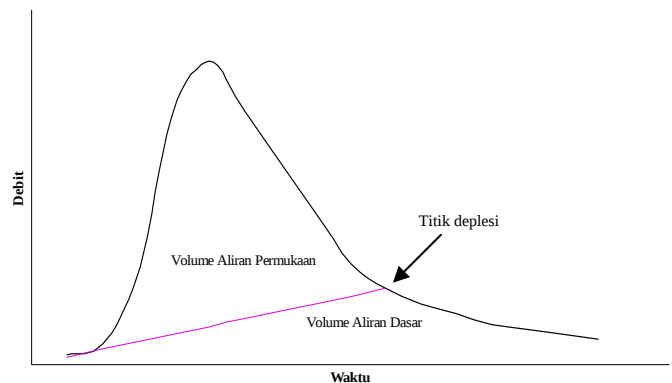
Kr = koefisien aliran permukaan (bilangan non-dimensi)

Vr = volume aliran permukaan (m³)

S = luas DAS (m²)

h = jeluk hujan (m)

Untuk menghitung besarnya volume aliran permukaan digunakan metode analisis pemisahan hidrograf seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar Pemisahan aliran permukaan dan aliran dasar berdasarkan metode sederhana (Llamas, 1993)

1. *Figure* Run-off and base flow separation based on simple method (Llamas, 1993)

Perhitungan koefisien aliran permukaan menurut metode alternatif berdasarkan simulasi debit model H2U

Rekonstruksi kurva kerapatan jaringan hidrologi

Peta jaringan hidrologi beserta batas DAS diperoleh berdasarkan rekonstruksi peta topografi skala 1:25.000 lembar Semarang dan Ungaran tahun 1944 di atas kertas kalkir. Selanjutnya peta jaringan hidrologi beserta batas DAS direkam dengan menggunakan *scanner* ukuran A₀.

Skanerisasi (merekam objek menggunakan skaner) menghasilkan suatu *file* citra raster. Citra dalam *file raster* selanjutnya diskeletisasi (diambil porosnya), sehingga memungkinkan untuk suatu koreksi seperti: menghubungkan jaringan hidrologi yang terputus atau menghapus garis yang bukan jaringan hidrologi. Agar *file* ini dapat diolah dalam paket program pengolah citra ERDAS Imagine versi 8.20, *file* ini harus dikonversi menjadi sebuah *file* vektor.

Dengan menggunakan program ERDAS, diperoleh titik koordinat acuan (*reference*) di peta jaringan hidrologi. Berdasarkan informasi tersebut, maka dapat dihitung panjang setiap segmen orde jaringan hidrologi, lebar isokron (titik-titik dalam jaringan hidrologi yang mempunyai waktu tempuh sama diukur dari *outlet* DAS), serta kurva kerapatan DAS orde 1 untuk setiap isokron.

Selang isokron ditetapkan 6 menit sesuai dengan selang waktu pengukuran debit dan hujan. Kerapatan jaringan DAS orde 1 setiap isokron, tiap selang isokron merupakan fungsi jarak tempuh, yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta I(L) = \bar{V} \cdot t$$

dimana:

$\Delta I(L)$: selang isokron sebagai fungsi jarak tempuh (m)

$\bar{V}$: kecepatan rata-rata aliran (m/detik)

t : selang waktu pengamatan (360 detik)

Kecepatan rata-rata aliran dihitung dengan rumus sebagai berikut (Llamas, 1993):

$$\bar{V} = 20 \cdot \sin^{3/5} \alpha$$

dimana :

$\bar{V}$: kecepatan rata-rata aliran (m/detik)

α : kemiringan lahan (%); $\tan \alpha = \Delta H / \Delta I$

ΔH : beda tinggi antara titik tertinggi di hulu dan titik di *outlet* (m)

ΔI : jarak antara dua titik di hulu dan di *outlet* menurut lintasan aliran air (m)

Kerapatan jaringan DAS orde 1 dihitung dengan rumus:

$$\rho_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

dimana :

ρ_i : kerapatan jaringan DAS orde 1 untuk isokron ke-i

N_i : jumlah jaringan DAS orde 1 yang terdapat dalam isokron ke-i

Perhitungan debit simulasi

Untuk menghitung debit, digunakan rumus Duchesne dan Cudenec (1988) sebagai berikut :

$$Q = A \cdot P(t) * u(t)$$

dimana:

Q : debit simulasi (m³/detik)

A : luas DAS (m²)

$P(t) * u(t)$: produk konvolusi antara curah hujan netto (m/detik) dan kerapatan jaringan hidrologi orde 1

Jika komposisi hujan netto terdiri atas $P_0, P_1, P_2, \dots, P_N$ dan komposisi kerapatan jaringan hidrologi orde 1 terdiri atas $u_0, u_1, u_2, \dots, u_M$, maka produk konvolusi $(P * u)_k$ menjadi:

$$(P * u)_k = \sum_{j=\max(0, k-M)}^{j=\min(k, N)} P_j \cdot u_{k-j}$$

untuk $k = 0, 1, 2, \dots, M+N$

Penetapan koefisien aliran permukaan

Dalam simulasi debit diperlukan data hujan neto (P_n). Untuk menghitung hujan neto setiap episode hujan, digunakan rumus:

$$P_n = K_r \cdot P_b$$

dimana K_r : koefisien aliran permukaan, P_b : curah hujan bruto

Koefisien aliran permukaan ditetapkan berdasarkan pilihan nilai K_r yang menghasilkan kurva debit simulasi dengan puncak yang berimpit puncak kurva debit observasi. Gambar 2 memberikan ilustrasi penetapan K_r terpilih berdasarkan metode simulasi debit.

Analisis perbandingan nilai K_r menurut metode klasik dan metode alternatif

Untuk mengevaluasi hubungan antara nilai K_r yang diperoleh menurut metode klasik dan alternatif dilakukan analisis regresi linear terhadap 47 seri data K_r . Selain itu, untuk menghitung tingkat perbedaan nilai K_r , dilakukan analisis kriteria Nash dan Sutcliffe yang dimodifikasi dengan model persamaan sebagai berikut:

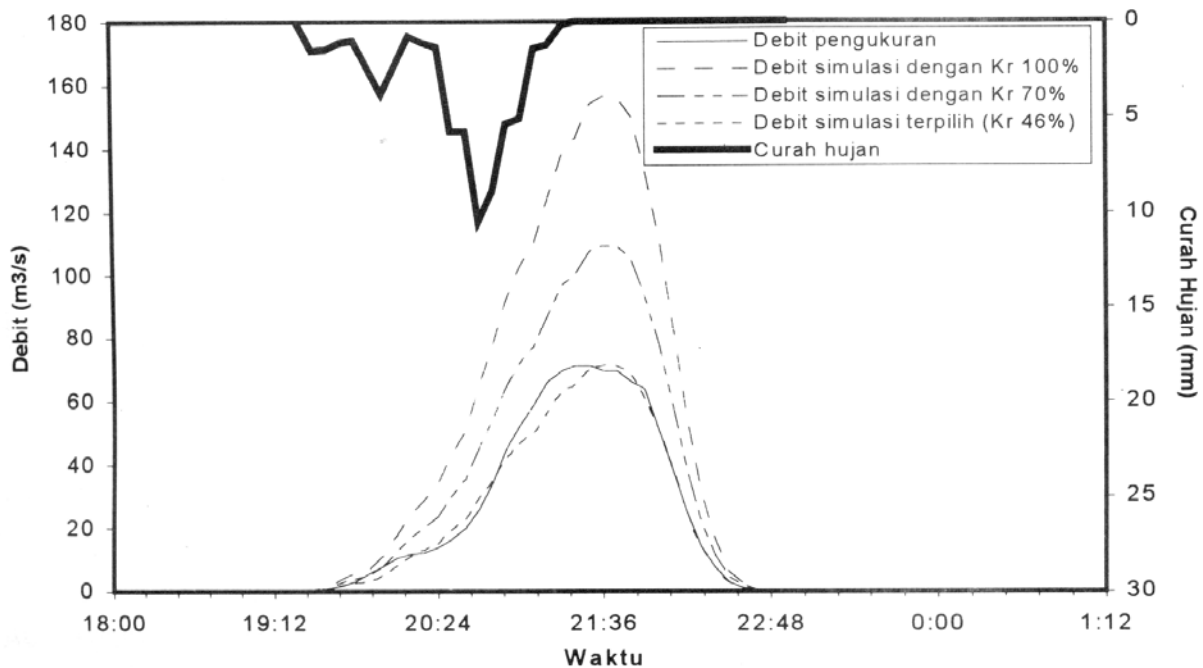
$$F = 1 - \frac{\sum (K_{r_{alternatif}} - K_{r_{klasik}})^2}{\sum (K_{r_{alternatif}} - \overline{K_{r_{klasik}}})^2}$$

dimana :

F : koefisien Nash-Sutcliffe (antara $-\infty$ sampai 1; $F = 1$ berarti pemodelan sempurna)

$K_{r_{alternatif}}$: K_r menurut metode alternatif

$K_{r_{klasik}}$: K_r rata-rata menurut metode klasik



Gambar 2. Penetapan koefisien aliran permukaan berdasarkan simulasi debit menurut model H2U

Figure 2. Determination of run-off coefficient based on discharge simulation of H2U model

HASIL DAN PEMBAHASAN

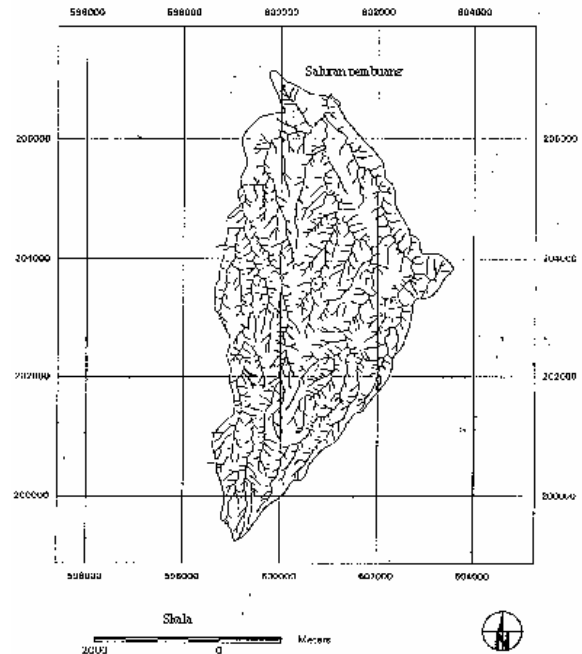
Kerapatan jaringan hidrologi sub-DAS Kripik

Berdasarkan peta jaringan hidrologi baku dan analisis *file* vektor dengan program pengolah citra ERDAS Imagine 8.20, diperoleh peta jaringan hidrologi sub-DAS Kripik seperti yang disajikan pada Gambar 3. Selanjutnya dengan analisis program ERDAS, diketahui luas sub-DAS Kripik 16,59 km²; orde sungai maksimum menurut Strahler (n) adalah 5; dan panjang sungai maksimum 9,58 km. Selain itu, dihitung pula panjang setiap segmen orde jaringan hidrologi; dan jumlah jaringan hidrologi orde 1 untuk setiap isokron. Untuk membuat kurva kerapatan DAS orde 1 ($\rho(L)$), seperti yang disajikan pada Gambar 4 ditetapkan selang isokron 612 m. Nilai ini ditetapkan karena kecepatan aliran rata-rata di sub-DAS Kripik yang dihitung menurut rumus Llamas 1,7 m/s.

Simulasi debit Kali Kripik berdasarkan Model H2U

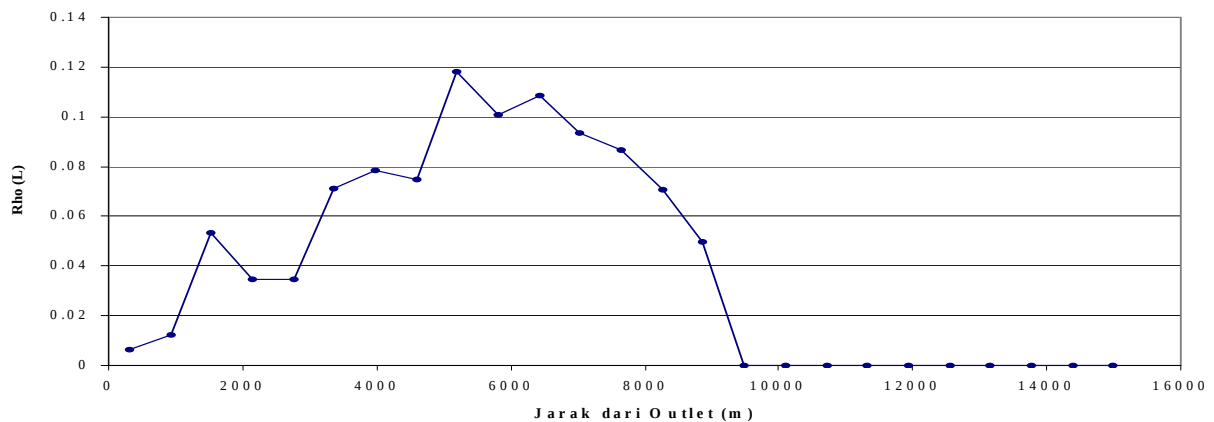
Debit simulasi dihitung dengan analisis produk konvolusi antara curah hujan selang 6 menit dan kerapatan jaringan DAS orde 1. Selama periode September 1998-Maret 1999, telah diperoleh simulasi debit 47 episode. Secara umum disimpul-

kan bahwa simulasi debit menurut model transfer hujan-debit H2U memberikan hasil yang baik.



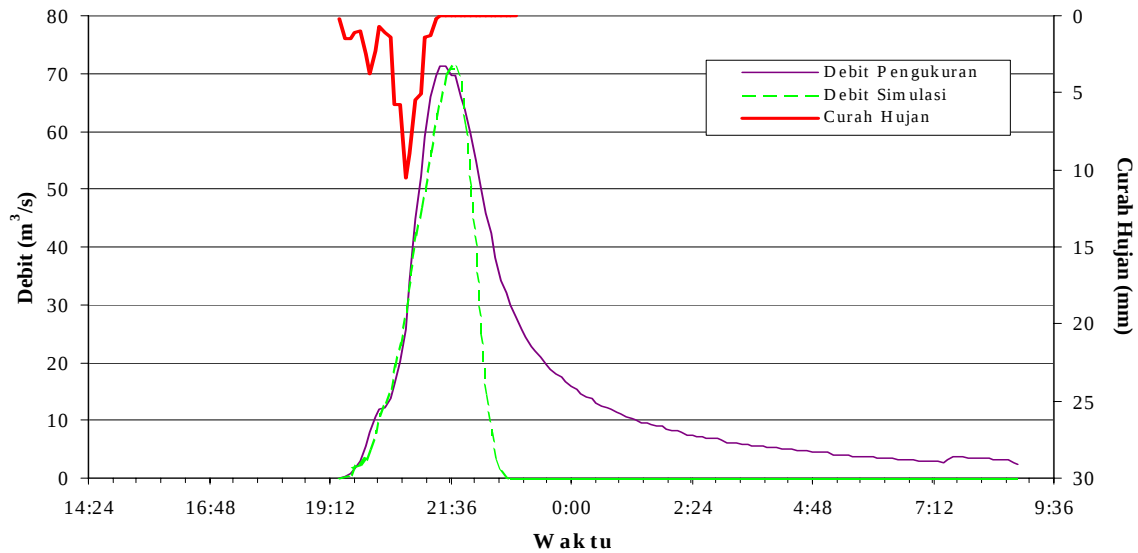
Gambar 3. Peta jaringan hidrologi sub-DAS Kripik

Figure 3. Hydrology network map of Kripik sub watershed



Gambar 4. Kurva kerapatan jaringan DAS orde 1 ($\rho(L)$) sub-DAS Kripik

Figure 4. Watershed density network curve of sub DAS Kripik orde 1 ($\rho(L)$)



Gambar Kurva debit simulasi dan debit pengukuran episode 9 Maret 1999

5.

Figure Simulation discharge and measured discharge curve of March 9th, 1999

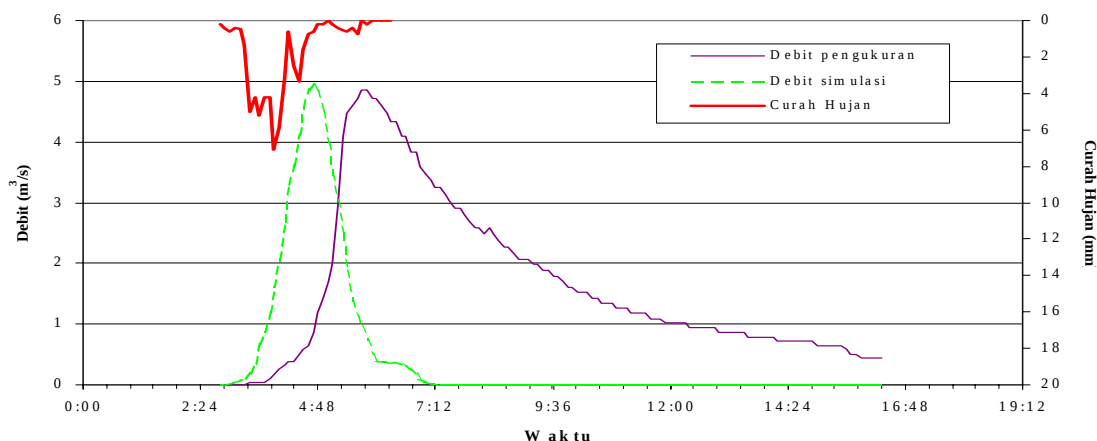
Dengan metode ini dapat disimulasikan kurva debit untuk kejadian hujan pada intensitas tinggi maupun rendah. Untuk meningkatkan akurasi koefisien aliran permukaan (K_r) dalam perhitungan/simulasi debit saat penurunan, pemisahan debit total perlu dipertajam dengan memisahkan aliran permukaan langsung menjadi dua komponen, yaitu aliran permukaan cepat (*rapid run-off*) dan aliran permukaan diperlambat (*delayed run-off*). Dengan demikian perbedaan antara debit simulasi dan pengukuran dapat diminimalkan (Gambar 5).

Berdasarkan hasil simulasi terhadap 47 episode hujan-debit, diperoleh beberapa episode dengan kurva naik dan debit puncak terjadi mendahului kurva debit pengukuran, seperti yang terjadi pada episode 8 Oktober 1998 (Gambar 6). Hal seperti ini dapat terjadi karakteristik debit sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembapan tanah. Pada episode hujan-debit 8 Oktober 1998 karena pada kondisi di alam, kondisi tanah beberapa hari sebelumnya relatif kering karena hujan sebelumnya jatuh pada tanggal 26 September 1998. Dengan demikian, saat pertama kali hujan turun, bagian pertama hujan terlebih dahulu akan mengisi

cadangan air tanah melalui infiltrasi, intersepsi dan perkolasi. Setelah tanah jenuh, bagian curah hujan berikutnya akan mengalir di atas permukaan tanah sebagai aliran permukaan dan beberapa saat kemudian akan mencapai *outlet*. Adanya selang waktu pengisian cadangan air tanah ini menyebabkan kurva debit mengalami keterlambatan untuk naik dan mencapai puncaknya. Untuk itu pada episode hujan yang tanahnya belum jenuh, perlu memperhitungkan waktu penjenjuhannya agar hidrograf simulasi dan pengukuran dapat terjadi bersamaan.

Perbandingan koefisien aliran permukaan menurut metode klasik dan metode alternatif

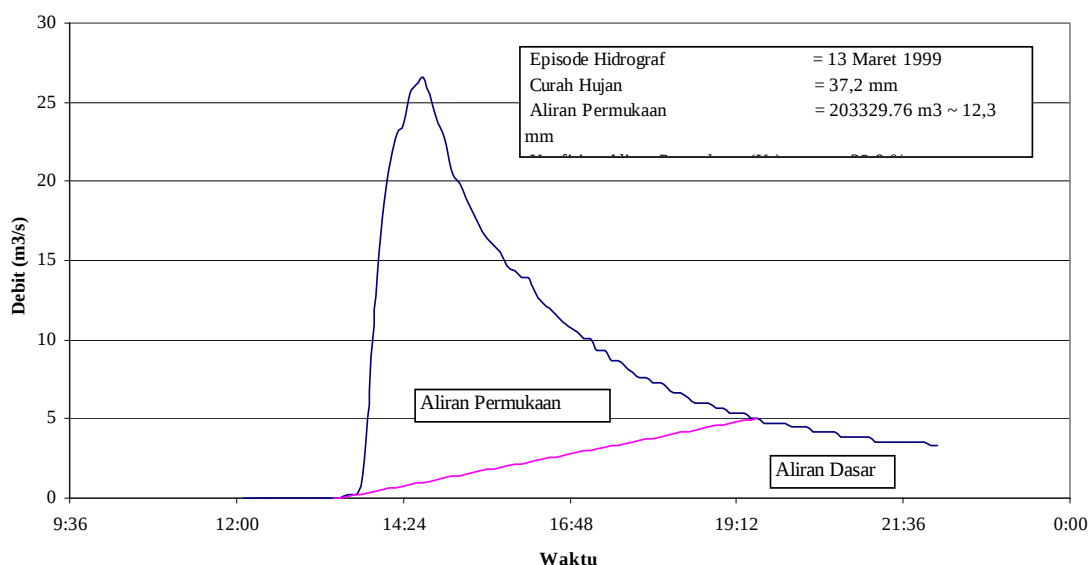
Dalam penelitian ini dibandingkan koefisien aliran permukaan menurut hasil analisis pemisahan hidrograf dan menurut metode simulasi debit berdasarkan aplikasi konsep hidrograf satuan. Pada Gambar 7 ditampilkan hasil analisis pemisahan hidrograf episode 13 Maret 1999, sedangkan pada Gambar 8 ditampilkan perhitungan koefisien aliran permukaan untuk episode yang sama menurut simulasi debit model H2U. Menurut metode klasik,



Gambar Kurva debit simulasi dan debit pengukuran episode 8 Oktober 1998

6.

Figure Simulation discharge and measured discharge curve of October, 9th, 1998



Gambar Perhitungan koefisien aliran permukaan episode hujan-debit 13 Maret 1999 menurut metode klasik

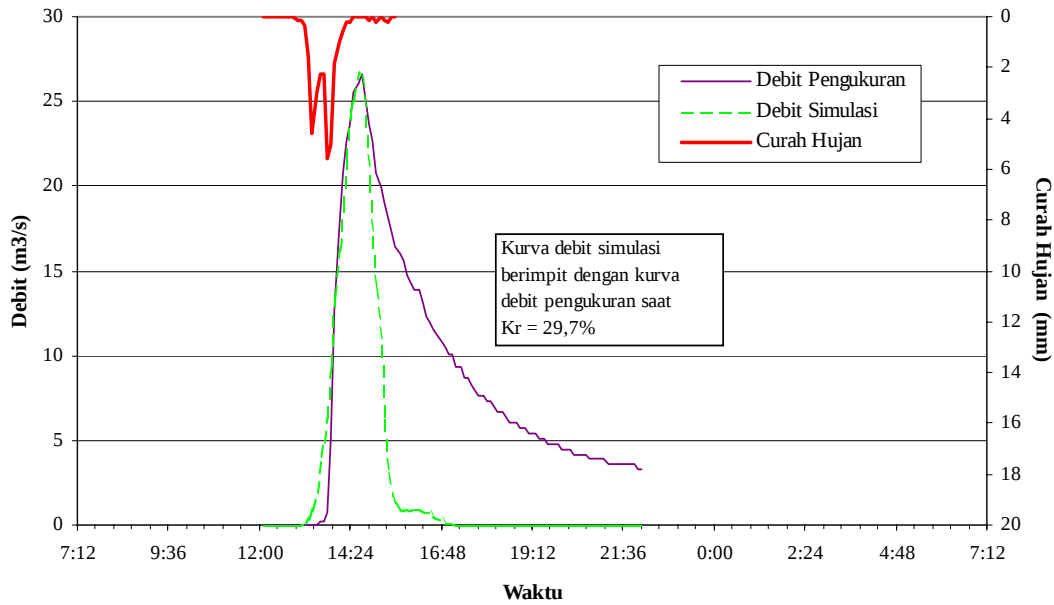
7.

Figure Calculation of run-off coefficient on rainfall discharge of March 13th, 1999 according to classic method

nilai Kr episode 13 Maret 1999 sebesar 32,9%, sedang menurut metode alternatif 29,7%.

Tabel 1 menampilkan 47 seri Kr klasik dan alternatif sub-DAS Krikik periode September 1998 - Maret 1999. Selama periode tersebut, nilai Kr klasik berkisar antara 2,8 dan 69,1%, sedangkan

Kr alternatif antara 1,0 dan 49,8%. Berdasarkan hasil analisis, Kr alternatif selalu lebih rendah dari Kr klasik, dengan selisih terkecil 0,3% pada episode 18 Desember 1998, dan terbesar 26,5% pada episode 6 Februari 1999.



Gambar Perhitungan koefisien aliran permukaan episode hujan-debit 13 Maret 1999 menurut metode alternatif

8.

Figure Calculation of run-off coefficient on rainfall-discharge of March 13th, 1999 according to alternative method

Berdasarkan analisis regresi linear dan analisis kriteria Nash dan Sutcliffe, diperoleh nilai R^2 0,9312 dan nilai F 0,6829. Nilai koefisien regresi 93%, menunjukkan bahwa seri data Kr alternatif memiliki hubungan linear dengan seri data Kr klasik. Berdasarkan nilai F yang diperoleh, fluktuasi seri data Kr alternatif selama periode pengamatan memiliki pola yang sama dengan seri data Kr klasik.

Tabel Perbandingan nilai Kr metode klasik dan metode alternatif

1.

Table Comparison of Kr value between classic method and alternative method

Episode	CH	Kr klasik	Kr alternatif	Selisih
	mm		%	
22 Sep 98	46,6	2,8	1,0	1,8
26 Sep 98	64,1	7,9	4,3	3,6
8 Okt 98	55,3	4,6	3,5	1,1
9 Okt 98	19,3	11,0	7,8	3,2
18 Okt 98	30,7	7,6	5,0	2,6
26 Okt 98	34,3	10,3	6,1	4,2
27 Okt 98	13,5	7,2	3,6	3,6

Episode	CH	Kr klasik	Kr alternatif	Selisih
	mm		%	
30 Okt 98	42,7	4,2	2,2	2,0
5 Nov 98	29,0	11,3	10,2	1,1
8 Nov 98	28,6	4,9	3,0	1,9
16 Nov 98	29,9	8,7	5,4	3,3
19 Nov 98	30,1	5,4	1,9	3,5
20 Nov 98	32,5	10,7	6,8	3,9
21 Nop 98	17,4	7,1	2,8	4,3
24 Nov 98	39,8	13,3	7,4	5,9
3 Des 98	15,6	12,9	6,3	6,6
18 Des 98	70,4	11,2	10,9	0,3
19 Des 98	103,9	15,7	14,7	1,0
20 Des 98	65,6	14,6	10,1	4,5
21 Des 98	41,5	13,2	9,1	4,1
24 Des 98	48,3	10,8	5,7	5,1
26 Des 98	84,1	14,9	12,2	2,7
28 Des 98	83,3	11,6	10,2	1,4
29 Des 98	45,6	20,6	18,6	2,0
30 Des 98	18,5	10,2	6,3	3,9
1 Jan 99	39,5	14,2	8,3	5,9
2 Jan 99	11,2	11,9	9,3	2,6
14 Jan 99	18,2	7,1	4,1	3,0
17 Jan 99	33,8	8,1	4,7	3,4
18 Jan 99	27,1	13,7	7,9	5,8
19 Jan 99	33,3	21,0	10,7	10,3
20 Jan 99	11,6	7,0	4,8	2,2

Episode	CH	Kr klasik	Kr alternatif	Selisih
	mm		%	
26 Jan 99	22,5	13,6	8,2	5,4
1 Feb 99	18,2	26,8	21,0	5,8
5 Feb 99	23,1	36,3	18,7	17,6
6 Feb 99	39,0	69,1	42,6	26,5
13 Feb 99	32,1	40,6	27,7	12,9
18 Feb 99	27,9	42,0	33,0	9,0
23 Feb 99	25,3	19,1	11,3	7,8
28 Feb 99	52,5	44,9	26,8	18,1
2 Mar 99	63,5	55,8	49,8	6,0
4 Mar 99	55,9	26,7	26,0	0,7
7 Mar 99	50,5	34,0	27,2	6,8
9 Mar 99	61,4	53,6	45,5	8,1
13 Mar 99	37,2	32,9	29,7	3,2
13 Mar 99	21,7	40,5	30,9	9,6
14 Mar 99	29,8	28,4	18,0	10,4
Koefisien regresi (R^2)				0,9312
Koefisien Nash-Sutcliffe (F)				0,6829

KESIMPULAN

1. Koefisien aliran permukaan (Kr) dapat dihitung berdasarkan model simulasi debit H2U. Nilai Kr yang ditetapkan berdasarkan *fitting* antara puncak debit simulasi dan debit pengukuran. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis regresi linear dan analisis kriteria Nash-Sutcliffe terhadap seri data Kr klasik dan Kr alternatif selama periode pengamatan September 1998 - Maret 1999, yang memberikan nilai koefisien signifikan.
2. Untuk meningkatkan akurasi nilai Kr alternatif, terutama saat penurunan, pemisahan debit total perlu dipertajam melalui pengurangan debit aliran dasar dari debit aliran permukaan yang diperlambat. Pada episode hujan dengan kondisi tanah belum jenuh perlu memperhitungkan waktu pengisian DAS untuk intersepsi dan infiltrasi.

3. Metode penetapan Kr alternatif dapat digunakan untuk simulasi debit lebih efektif dibandingkan dengan metode Kr klasik, karena mampu mensimulasi debit puncak dan waktu respon (selang antara puncak hujan dan debit) mendekati hasil pengukurannya.
4. Keberhasilan penerapan metode ini memberikan peluang mensimulasi debit untuk DAS yang tidak tersedia alat ukur debitnya, karena metode tersebut hanya memerlukan informasi curah hujan dan parameter fisik DAS saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Duchesne, J., et C. Cudennec. 1988.** H2U: Une fonction de transfert pluie-debit deterministe et polyvalente; vers des applications multiples. Chambéry. 15-17 Septembre.
- Llamas, J. 1993.** Hydrologie Generale – Principes et Application. Gaetan Morin Editeur. Boucherville. Quebec. Canada. 527p.
- Nash, J.E. 1960.** A unit hydrograph study, with particular reference to British catchments. The Institution of Civil Engineers. London. 17:249-282.
- Sherman, L.K. 1932.** Streamflow from rainfall by the unit hydrograph method. Eng. News-Record, 108: 501-505.
- Viessman, W., J.W. Knapp, G.L. Lewis, and T.E. Harbaugh. 1977.** Introduction to Hydrology. Second Ed. EIP-Dun-Donnelley Harper and Row Publishers. New York.

