

METODE EMPIRIS UNTUK MENGANALISIS ALIRAN LIMPASAN PERMUKAAN DALAM PERANCANGAN SUMBERDAYA AIR

(Empirical Methods For Analyzing Surface Runoff Flows In Water Resources Design)

Cut Azizah^{1*)}, Cut Ayu Lizar²⁾, Yayuk Kurnia Risna³⁾

¹⁾Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh, 24267

²⁾Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh, 24267

³⁾Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh, 24267

Article Info:

Received: 25 November 2023

Accepted: 3 Januari 2024

Keywords:

Aliran limpasan; sumberdaya; air

Corresponding Author:

Cut Azizah

Program Studi Magister
Pengelolaan Sumberdaya Alam
dan Lingkungan, Program
Pascasarjana, Universitas
Almuslim, Bireuen, Aceh, 24267
Tel: +6281269693979

Email:

cut.azizah13@gmail.com

Abstrak, Aliran limpasan merupakan bagian dalam siklus hidrologi khususnya pada siklus limpasan. siklus limpasan adalah siklus hidrologi yang terjadi pada fase lahan. Aliran limpasan merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Pada perancangan sumberdaya air, aliran limpasan diprediksi untuk mendapatkan nilai besarnya debit puncak dan waktu tercapainya debit puncak, volume dan penyebaran air larian. Untuk memperkirakan aliran limpasan yang berdasarkan curah hujan lebat atau maksimum, dapat diklasifikasikan dalam tiga cara yaitu (1) empiris, (2) statistik atau kemungkinan, dan (3) unit hidrograf. Ada dua metode empiris yang mudah digunakan yaitu metode rasional dan metode dan Soil Conservation Service (SCS). Metoda rasional merupakan metode yang digunakan untuk menghitung besarnya aliran limpasan puncak (peak runoff) dalam ukuran debit (volume/waktu), sedangkan SCS digunakan untuk menghitung besarnya aliran limpasan permukaan (surface runoff) dalam satu daerah aliran sungai. Hasil perhitungan metoda rasional digunakan untuk memperkirakan besarnya suatu konstruksi dalam menahan laju puncak aliran limpasan. Sedangkan hasil perhitungan SCS untuk memprediksi luasnya suatu konstruksi dalam menampung volume aliran limpasan permukaan.

Abstract, Runoff flow is part of the hydrological cycle, especially the runoff cycle. The runoff cycle is a hydrological cycle that occurs in the land phase. Runoff is part of the rainfall that flows over the land surface into rivers, lakes and oceans. In water resource design, runoff flow is predicted to obtain values for the magnitude of peak discharge and the time when peak discharge is reached, the volume and distribution of runoff water. To estimate runoff flow based on heavy or maximum rainfall, it can be classified in three ways, namely (1) empirical, (2) statistical or probable, and (3) hydrograph units. There are two empirical methods that are easy to use, namely the rational method and the Soil Conservation Service (SCS) method. The rational method is a method used to calculate the magnitude of peak runoff in terms of discharge (volume/time), while SCS is used to calculate the magnitude of surface runoff in one river basin. The results of rational method calculations are used to estimate the size of a construction to withstand the peak rate of runoff flow. Meanwhile, the SCS calculation results are used to predict the size of a construction to accommodate the volume of surface runoff.

PENDAHULUAN

Menurut peraturan menteri kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 61 /Menhut-II/2014 tentang monitoring dan evaluasi pengelolaan daerah aliran sungai, aliran air atau limpasan (*runoff*) sinonim dengan aliran air sungai (*stream flow*), hasil air daerah tangkapan air (*catchment yield*), adalah bagian dari air hujan (presipitasi) yang mengalir di atas permukaan tanah (*surface runoff*) dan atau di dalam tanah (*subsurface runoff*) menuju ke suatu sungai.

Aliran limpasan (*runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian dari air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan lalu mengalir ke bagian yang lebih rendah. Aliran air permukaan yang disebut terakhir sering juga disebut air larian atau limpasan. Bagian penting dari air larian dalam kaitannya dengan rancang bangun pengendali air larian adalah besarnya debit puncak, Q (*peak flow* atau debit air yang tertinggi) dan waktu tercapainya debit puncak, volume dan penyebaran air larian.

Curah hujan yang jatuh terlebih dahulu memenuhi air untuk evaporasi, intersepsi, infiltrasi, dan mengisi cekungan tanah baru kemudian air larian berlangsung ketika curah hujan melampaui laju infiltrasi ke dalam tanah. Semakin lama dan semakin tinggi intensitas hujan akan menghasilkan air larian semakin besar. Namun intensitas hujan yang terlalu tinggi dapat menghancurkan agregat tanah sehingga akan menutupi pori - pori tanah akibatnya menurunkan kapasitas infiltrasi. Volume air larian akan lebih besar pada hujan yang intensif dan tersebar merata di seluruh wilayah DAS dari pada hujan tidak merata, apalagi kurang intensif. Disamping itu, faktor lain yang mempengaruhi volume air larian adalah bentuk DAS (bulat, kipas, pipih dan tidak teratur) dan ukuran DAS, topografi (kemiringan dan panjang lereng), geologi, dan tataguna lahan.

Menurut Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda (2006), cara untuk memperkirakan aliran limpasan yang berdasarkan curah hujan lebat (maksimum), dapat diklasifikasikan dalam 3 cara yaitu (1) empiris, (2) statistik atau kemungkinan, dan (3) unit hidrograf. Cara dengan rumus empiris biasanya digunakan sebagai alat terakhir, yakni jika tidak terdapat data yang cukup atau digunakan untuk memeriksa hasil yang didapat dengan cara lain. Metoda yang lazim digunakan untuk menghitung aliran limpasan secara empiris adalah metoda rasional dan *Soil Conservation Service (SCS)*.

Terdapat perbedaan antara metoda rasional dan SCS, metoda rasional digunakan untuk menghitung besarnya aliran limpasan puncak (*peak runoff*) dalam ukuran debit (volume/waktu), sedangkan SCS digunakan untuk menghitung besarnya aliran limpasan permukaan (*surface runoff*) dalam satu daerah aliran sungai. Hasil perhitungan metoda rasional digunakan untuk memperkirakan besarnya suatu konstruksi dalam menahan laju puncak aliran limpasan. Sedangkan hasil perhitungan SCS untuk memprediksi luasnya suatu konstruksi dalam menampung volume aliran limpasan permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Metoda Rasional

Metoda rasional dikeluarkan oleh *U.S. Soil Conservation Service* pada tahun 1973. Metoda rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan maksimum pada daerah aliran sungai dengan ukuran lebih kecil dari 300 ha (Goldman et al, 1986 dalam Asdak, 2004). Maka untuk ukuran das yang lebih besar perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub-das dan kemudian metoda rasional diaplikasikan pada masing-masing sub-das. Suatu das dengan ukuran lebih kecil dari 300 ha dianggap apabila terjadi hujan akan terdistribusi secara seragam dalam ruang dan waktu serta biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi.

Pada metode Rasional digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$q = C i A$$

$$q = 0,0028 C i A = (1/360) C i A$$

Dengan

q = debit puncak runoff (cfs) / (m³/detik)

C = koefisien aliran limpasan

i = intensitas hujan terbesar yang ditentukan dengan memperkirakan waktu konsentrasi T_c (time of concentration) untuk das bersangkutan (iph, inchi/jam)/ mm/jam

A = luas das (acres) hektar

1. Koefisien limpasan

Menurut Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda (2006), untuk mendapatkan koefisien aliran limpasan dapat dicari dengan 2 cara berikut :

$$C = \frac{\text{besarnya puncak limpasan (Direct Runoff)}}{\text{intensitas curah hujan rerata selama waktu tiba dari banjir} \times A}$$

$$C = \frac{\text{Total Runoff}}{\text{Jumlah curah hujan}}$$

Angka koefisien C juga dapat diperkirakan dengan mengetahui tutupan vegetasi di suatu das (Asdak, 2004). Prakiraan besar kecilnya angka C untuk berbagai macam vegetasi di wilayah das menunjukkan bahwa angka koefisien C tersebut ditentukan oleh laju infiltrasi, keadaan penutupan lahan, dan intensitas hujan. Prakiraan angka koefisien C dapat dilihat pada Tabel 2.1 untuk tanah kelompok B. Angka koefisien C pada Tabel 2.1 merupakan hasil pengamatan dari ladang pertanian dan hutan pada beberapa das di daerah beriklim sedang. Angka tersebut mungkin tidak terlalu tepat untuk daerah tropis. Namun demikian, apabila koefisien C setempat tidak tersedia, nilai C pada Tabel 2.1 memadai untuk dipakai sebagai pengganti. Angka koefisien air limpasan ini dapat dikonversi ke kelompok tanah dengan karakteristik hidrologi yang berbeda dengan menggunakan tabel 2.2.

2. Intensitas curah hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (Suripin, 2003). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Dalam metode rasional perhitungan intensitas curah hujan dilakukan dengan menentukan Waktu konsentrasi (T_c). Waktu konsentrasi adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu das) sampai ke titik pengamatan aliran air (outlet). Hal ini terjadi ketika tanah sepanjang kedua titik tersebut telah jenuh dan semua cekungan bumi lainnya telah terisi oleh air hujan. Diasumsikan bahwa bila lama waktu hujan sama dengan T_c berarti seluruh bagian das tersebut telah ikut berperan untuk terjadinya aliran air yang sampai ke titik pengamatan. Salah satu teknik untuk menghitung T_c adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam Asdak (2004).

$$T_c = 0,0195 L^{0,77} S^{-0,385}$$

Dengan

T_c = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang maksimum aliran (meter)

S = beda ketinggian antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada das dibagi panjang maksimum aliran

Waktu konsentrasi juga dapat ditentukan dengan nomograf waktu aliran permukaan (*overland flow time*) yang dikeluarkan oleh U.S Soil conservation service (1972) diperlihatkan pada Gambar 2.1. Dimana waktu yang diperlukan air larian untuk mencapai lokasi pengamatan adalah fungsi dari panjang jarak yang akan ditempuh, kemiringan lereng rata-rata, dan angka koefisien air larian C pada metoda rasional.

Tabel 2.1 Angka koefisien air limpasan C untuk DAS dengan tanah kelompok B (Horn dan Schwab, 1963 dalam Asdak, 2004)

Keadaan hidrologi dan penutupan tajuk	Koefisien C untuk laju curah hujan		
	25 mm/jam	100 mm/jam	200 mm/jam
Tanaman dalam jajaran, buruk	0,63	0,65	0,66
Tanaman dalam jajaran, baik	0,47	0,56	0,62
Tanaman padi-padian, buruk	0,38	0,38	0,38
Tanaman padi-padian, baik	0,18	0,21	0,22
Rumput dalam rotasi, baik	0,29	0,36	0,39
Padang rumput, baik	0,02	0,17	0,23
Hutan, baik	0,02	0,10	0,15

Penentuan Tc dengan rumus Kirpich memerlukan data curah hujan jam-jam-an. Dalam perkembangan waktu untuk mengakomodir adanya data curah hujan harian, DR. Mononobe dari Jepang mengembangkan rumus untuk menghitung intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dari t. Rumus tersebut adalah :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}$$

Dengan

I = Intensitas curah huja rata-rata selama t jam

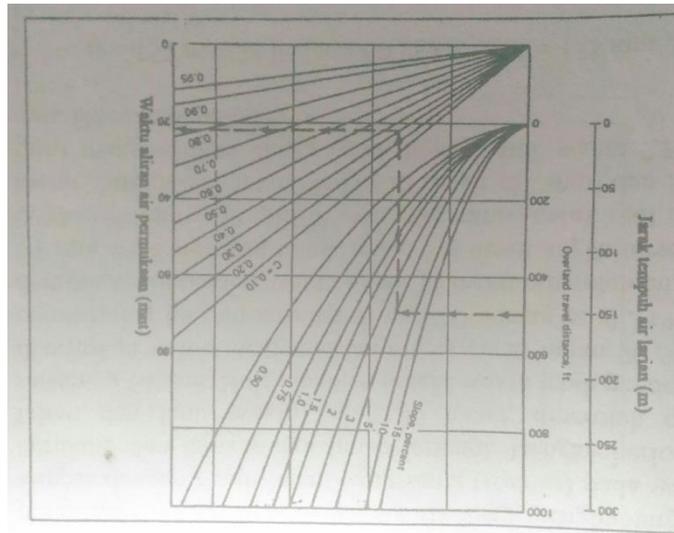
t = lama curah hujan atau waktu tiba dari limpasan (jam)

R₂₄= Curah hujan harian, yakni curah hujan 24 jam (mm)

Metode Rasional dikenal mempunyai sejumlah kelemahan. Itu karena rasional menyederhanakan proses yang sangat rumit terjadi di DAS. Metoda ini juga tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan terhadap aliran limpasan dalam bentuk unit hidrograf. Metoda rasional hanya menunjukkan besarnya aliran limpasan puncak (peak runoff) dan debit rata-rata.

Tabel 2.2 Faktor konversi kelompok tanah daam suatu DAS (Horn dan Schwab, 1963 dalam Asdak, 2004)

Penutupan Tajuk dan Kondisi Hidrologi	Koefisien B menjadi		
	Kelompok A	Kelompok C	Kelompok D
Tanaman dalam jajaran, buruk	0,89	1,09	1,12
Tanaman dalam jajaran, baik	0,86	1,09	1,14
Tanaman padi-padian, buruk	0,86	1,11	1,16
Tanaman padi-padian, baik	0,84	1,11	1,16
Rumput dalam rotasi, baik	0,81	1,13	1,18
Padang rumput, baik	0,64	1,21	1,31
Hutan, baik	0,45	1,27	1,40



Gambar 2.1 Nomograf waktu aliran air permukaan (*overland flow time*)

2.2 Metoda SCS

Metode Soil Conservation service (SCS) dikembangkan oleh U.S Soil Conservation Service. Metoda SCS adalah metoda untuk memperkirakan surface runoff (aliran limpasan permukaan) suatu DAS. Dengan mengetahui besarnya aliran limpasan permukaan dalam waktu tertentu, maka dapat direncanakan bangunan pengendali banjir dan bangunan-bangunan lain yang berkaitan dengan pengembangan dan pemanfaatan sumberdaya air (Asdak, 2004).

Metoda SCS dikembangkan dari hasil pengamatan curah hujan selama bertahun-tahun dan melibatkan banyak daerah pertanian di Amerika Serikat. Metoda SCS berlaku untuk luas DAS lebih kecil dari 13 km² dengan rata-rata kemiringan lahan kurang dari 30%. Metoda SCS mengkaitkan karakteristik DAS yaitu tanah, vegetasi, dan tataguna lahan dengan bilangan kurva aliran limpasan CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi aliran limpasan untuk curah hujan tertentu. Persamaan metoda SCS adalah :

$$Q = \frac{(I - 0,2S)^2}{(I + 0,8 S)}$$

Dengan

Q = aliran limpasan (mm)

I = curah hujan (mm)

S = perbedaan antara curah hujan dan aliran impasan (mm)

Persamaan SCS menunjukkan bahwa besarnya aliran limpasan berkurang dengan meningkatnya air infiltrasi atau nilai S. Untuk mempermudah perhitungan kelembaban awal (autecedent moisture condition), tataguna lahan, dan konservasi tanah, Dinas konservasi tanah Amerika menentukan besarnya S dengan persamaan

$$S = \frac{25400}{N} - 254$$

Dengan

N = bilangan kurva aliran limpasan, bervariasi dari 0 sampai 100

Menurut Arsyad (2010), volume dan laju aliran permukaan bergantung pada sifat-sifat meteorologi dan daerah aliran sungai, dan pendugaan aliran permukaan memerlukan suatu indeks yang mewakili kedua faktor tersebut. volume curah huna mungkin merupakan satu-satunya sifat meteorologi yang penting dalam menduga volume aliran permukaan. Tipe tanah, penggunaan tanah, dan kondiusi hidrologi penutup adalah sifat-sifat daerah aliran yang mempunyai pengaruh

paling penting dalam pendugaan volume aliran permukaan. Kandungan air tanah sebelumnya juga penting dalam mempengaruhi volume aliran permukaan.

SCS telah mengembangkan indeks CN yang menyatakan pengaruh bersama tanah, keadaan hidrologi, dan kandungan air sebelumnya. Faktor-faktor ini dapat dinilai dari survei tanah setempat, dan peta penggunaan tanah. dalam menggunakan metode SCS pada penentuan keadaan kandungan air tanah sebelumnya, sringkali dipergunakan keadaan rata-rata daerah aliran pada keadaan, tempat, dan waktu tertentu.

1. Klasifikasi kelompok tanah

SCS mengembangkan suatu sistem klasifikasi tanah (*hydrologic soil groups*) yang mengelompokkan tanah ke dalam empat kelompok hidrologi yang ditandai dengan huruf A, B, C dan D. Tabel 2.3 menunjukkan karakteristik tiap grup hidrologi tanah beserta laju infiltrasi minimumnya.

Tabel 2.3 Karakteristik grup hidrologi tanah (U.S. SCS 1972 dalam Asdak 1995)

Kelompok tanah	Keterangan	Laju infiltrasi minimum (mm/jam)
A	Potensi air larian paling kecil, termasuk tanah pasir dalam dengan unsur debu dan liat. Laju infiltrasi tinggi.	8-12
B	Potensi air larian kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Terkstur halus sampai sedang. Laju infiltrasi sedang	4-8
C	Potensi air larian sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. Tekstur sedang sampai halus. Laju infiltrasi rendah	1-4
D	Potensi air larian tinggi, kebanyakan tanah liat, dangkal dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah. Infiltrasi paling rendah.	0-1

2. Klasifikasi kompleks penutup tanah

Klasifikasi kompleks penutup tanah SCS terdiri atas tiga faktor yaitu penggunaan tanah, perlakuan atau tindakan yang diberikan, dan keadaan hidrologi. Terdapat sekitar 14 macam penggunaan tanah yang digunakan pada Tabel 2.4 untuk menduga CN. Penggunaan tanaman pertanian sering kali dibagi ke dalam perlakuan atau tindakan yang diberikan, seperti penanaman menurut kontur atau pembuatan teras. Pembagian ini menunjukkan potensi pengaruhnya terhadap aliran permukaan. Kondisi hidrologi mencerminkan tingkat pengelolaan tanah yang digunakan, yang dibedakan ke dalam buruk, sedang dan baik.

3. Kandungan air tanah sebelumnya

Kandungan air tanah sebelumnya mempengaruhi volume dan laju aliran permukaan. Mengingat pentingnya pengaruh faktor ini, maka SCS menyusun tiga kondisi kandungan air sebelumnya, yang diberi tanda dengan angka Romawi I, II, III. Keadaan tanah untuk ketiga kondisi tersebut adalah sebagai berikut :

- kondisi I : tanah dalam keadaan kering tetapi tidak sampai pada titik layu, telah pernah ditanami dengan hasil memuaskan
- kondisi II : keadaan rata-rata

- kondisi III : hujan lebat atau hujan ringan dan temperatur rendah telah terjadi dalam lima hari terakhir, tanah jenuh air.

Tabel 2.5 berikut memberikan batas besarnya curah hujan untuk ketiga kondisi kandungan air tanah sebelumnya.

Kondisi kandungan air tanah sebelumnya	Total jumlah curah hujan 5 hari sebelumnya (mm)	
	Musim dorman	Musim tumbuh
I	< 13	< 35
II	13-28	35-53
III	> 28	> 53

Tabel 2.4. Bilangan Kurva Aliran Permukaan untuk Berbagai Kelompok Hidrologi Tanah dan Penutup Lahan USDA 1986

Penggunaan Lahan	Perlakuan	Kondisi Hidrologi	Kelompok Hidrologi Tanah			
			A	B	C	D
Beralirakan menurut lereng	-menurut lereng		77	86	91	94
Tanaman semusim dalam baris	-menurut lereng	-buruk	72	81	88	91
	-menurut lereng	-baik	67	78	85	89
	-menurut kontur	-buruk	70	79	84	88
	-menurut kontur	-baik	65	75	82	86
	-kontur & terras	-buruk	66	74	80	82
Padi-padian	-kontur & terras	-baik	62	71	78	81
	-menurut lereng	-buruk	65	76	84	88
	-menurut lereng	-baik	63	75	83	87
	-menurut kontur	-buruk	63	74	82	85
	-menurut kontur	-baik	61	73	81	84
Leguminosae ditanam rapat atau pergiliran tanaman padang rumput	-kontur & terras	-buruk	61	72	79	82
	-kontur & terras	-baik	59	70	78	81
	-menurut lereng	-buruk	66	77	85	89
	-menurut lereng	-baik	58	72	81	85
	-menurut kontur	-buruk	64	75	83	85
Padang rumput	-menurut kontur	-baik	55	69	78	83
	-kontur & terras	-buruk	63	73	80	83
	-kontur & terras	-baik	51	67	76	80
	-	-buruk	68	79	86	89
	-	-sedang	49	69	79	84
	-	-baik	39	61	74	80
Padang rumput potong	-menurut kontur	-buruk	47	67	81	88
	-menurut kontur	-sedang	25	59	75	83
	-menurut kontur	-baik	26	35	70	79
	-	-baik	30	58	71	78
Hutan	-	-buruk	45	66	77	83
Perumahan petani	-	-sedang	36	60	73	79
	-	-baik	30	55	70	77
	-		59	74	82	86
Jalan dengan permukaan keras			74	84	90	92
Pemukiman dengan berbagai luas kapling	≤500m ² (65% daerah kedap)		77	85	90	92
	1000 m ² (38% daerah kedap)		61	75	83	87
	1300 m ² (30% daerah kedap)		57	72	81	86
	2000 m ² (25% daerah kedap)		54	70	80	85
	4000 m ² (20% daerah kedap)		51	68	79	84
	8000 m ² (12% daerah kedap)		46	65	77	82
Tempat parkir diaspal, atap, jalan aspal, dan lain-lain.			98	98	98	98
Jalan umum	-beraspal dan saluran pembuangan air		98	98	98	98
	-beraspal dengan parit terbuka		83	89	92	93
	-kerikil		76	85	89	91
	-tanah		72	82	87	89

Daerah perdagangan dan pertokoan	(85% daerah kedap)	89	92	94	95
Daerah industri	(72% daerah kedap)	81	88	91	93
Tempat terbuka, padang rumput yang dipelihara, taman, lapangan golf, kuburan, dan lain-lain.	-Kondisi baik : > 75% tertutup oleh rumput	39	61	74	80
	-Kondisi sedang : 50%-75% tertutup rumput	49	69	79	84
	-Kondisi buruk : < 50% tertutup rumput	68	79	86	89

KESIMPULAN

Aliran limpasan (*runoff*) adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Terdapat dua parameter yang harus diprediksi dalam aliran limpasan yaitu limpasan puncak (*peak runoff*) dan volume puncak aliran limpasan. Metode untuk memprediksi limpasan puncak (*peak runoff*) dapat diestimasi dengan metoda rasional, sedangkan untuk mengestimasi volume puncak aliran limpasan dapat menggunakan metoda *Soil Conservation Service (SCS)*. Pendugaan run-off merupakan tahap pertama dalam perencanaan teknologi pengelolaan DAS untuk proses mengontrol aliran limpasan dalam memperkirakan besarnya suatu konstruksi untuk menahan laju puncak aliran limpasan dan memprediksi luasnya suatu konstruksi dalam menampung volume aliran limpasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2010. *Konservasi tanah dan air*. Bogor : IPB Press.
- Asdak C. 1995. *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Chow, Ven Te. 1988. *Applied hydrology*. United State: McGraw-Hill, Inc.
- Linsley, Kohler dan Paulhus, Yandi Hermawan. 1996. *Hidrologi untuk insinyur*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lathifa Tunnisa, Suyanto, Solichin. 2014. Potensi banjir di das siwaluh menggunakan metode Soil Conservation service dan soil conservation service modifikasi Sub Dinas pengairan Jateng. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Desember 2014/688
- M.Agung Nugraha. 2014. *Analisis Hidrograf banjir pada das Boang*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2, No. 4 hal 638-641.
- Ronaldo Toar Palar. 2013. *Studi perbandingan antara hidrograf scs (soil conservation service) dan metode rasional pada das tikala*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Februari 2013 (171-176)
- Schwab. 1966. *Soil and water conservation engineering*. Philippines : Phoenix Press, INC. 927.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi pengukuran dan pengolahan data aliran sungai*. Bandung: Penerbit Nova.
- Soewarno. 2000. *Hidrologi operasional*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.
- Soemarto. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Sunu Tikno, Teguh Hariyanto, Nadjadji Anwar, Asep Karsidi, Edvin Aldrian. 2012. Aplikasi metode curve number untuk mempresentasikan hubungan curah hujan dan aliran permukaan di das ciliwung hulu –Jawa barat. *J. Tek. Ling.* Vol.13 No.1 Hal.25-36
- Soni Setia Budiawan. 2012. *Pendugaan debit puncak menggunakan model rasiona dan SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number) (studi kasus di sub-sub DAS Keyang, Slahung, dan Tempuran: Sub DAS kali Madiun, DAS Solo)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
- Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda. 2006. *Hidrologi untuk pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.