

KEANDALAN METODE *SOIL CONSERVATION SERVICES-CURVE NUMBER* UNTUK PERHITUNGAN DEBIT PUNCAK DAS MANIKIN

Judi K. Nasjono¹ (judi.nasjono@staf.undana.ac.id)

Sudiyo Utomo² (diyotomo@yahoo.com)

Umbu D. B. Marawali³ (graviteeunc@gmail.com)

ABSTRAK

Debit puncak sangat diperlukan untuk mengetahui daya guna dan daya rusak (banjir) air dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Data debit pada suatu DAS, sangat diperlukan untuk dapat melakukan perencanaan ataupun pengembangan sumber daya air. Data debit pada DAS Manikin tidak tersedia, sehingga perlu dianalisis data karakteristik DAS Manikin untuk mengetahui besarnya nilai debit tiap tahunnya dengan Metode *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN) yang didasari faktor tutupan lahan dan jenis tanah yang berbeda, serta untuk mengetahui apakah Metode SCS-CN dapat diterapkan atau tidak. Sebagai pembandingan digunakan Persamaan Kurva Debit dengan menggunakan data tinggi air. Hasil analisis dari tahun 2009-2015 menggunakan metode SCS-CN yang terbesar terjadi pada tahun 2015 sebesar 277,458 m³/dtk dan yang terkecil terjadi pada tahun 2011 sebesar 52,117 m³/dtk. Untuk persamaan kurva debit yang terbesar terjadi pada tahun 2009 sebesar 154,901 m³/dtk sedangkan yang terkecil pada tahun 2010 sebesar 20,982 m³/dtk. Hasil uji statistik dari kedua cara ini diperoleh R²sqrt sebesar 0,128, sehingga dapat dinyatakan bahwa Metode *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN) tidak dapat diterapkan pada DAS Manikin.

Kata Kunci : Debit; Persamaan Kurva Debit; *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN)

ABSTRACT

*Peak discharge is necessary to determine the usefulness and damage (flood) of water in a watershed (DAS). Discharge data in a watershed, it is necessary to be able to do the planning or development of water resources. The discharge data in Manikin watershed is not available, so it is necessary to analyze the characteristics data of Manikin watershed to know the amount of discharge value annually with the *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN) Method based on different land cover and soil type factors, and to know whether SCS-CN method can be applied or not. As a comparison used the Equation of Debit Curve using high water data. Analysis results from 2009-2015 using the largest SCS-CN method occurred in 2015 of 277.458 m³ / s and the smallest occurred in the year 2011 amounted to 52.117 m³ / sec. For the largest equality curve equation occurred in 2009 of 154,901 m³ / s while the smallest in 2010 amounted to 20,982 m³ / s. The result of statistical test of both ways is obtained R²sqrt of 0.128, so it can be stated that *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN) method can not be applied to Manicin River Basin.*

Keywords: Debit; Debit Curve Equation; *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN)

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan selanjutnya mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh di atasnya menuju ke sistem sungai terdekat dan pada akhirnya bermuara ke waduk, danau atau ke laut (Seyhan. E, 1990). Debit puncak sangat diperlukan untuk mengetahui daya guna dan daya rusak (banjir) air dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Data debit pada suatu DAS, sangat diperlukan untuk dapat melakukan perencanaan ataupun pengembangan

¹ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

² Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

³ Jurusan Teknik Sipil, FST Undana

sumber daya air. Data debit pada DAS di Nusa Tenggara Timur umumnya tidak tersedia, sehingga perlu dianalisis data karakteristik DAS Manikin untuk mengetahui besarnya nilai debit tiap tahunnya dengan Metode *Soil Conservations Services-Curve Number* (SCS-CN). Debit dapat juga diperoleh dengan mengukur tinggi muka air dan debit air disungai tersebut. Hubungan debit dengan tinggi muka air dikenal sebagai kurva lengkung debit, yang dapat menghasilkan Persamaan Kurva Debit. Pada penelitian ini, menggunakan Persamaan Kurva Debit yang diberikan Puslitbang Bandung dengan memasukkan nilai tinggi muka air, maka diperoleh besarnya debit pada sungai. Berdasarkan kedua persamaan yang di jelaskan sebelumnya, Metode SCS-CN menggunakan variabel jenis tutupan lahan, jenis tanah dan karakteristik DAS, sedangkan untuk Persamaan Kurva Debit menggunakan variabel tinggi muka air untuk memperoleh debit sungai. Perbedaan dari kedua faktor dan data debit yang tidak tersedia, yang menjadi dasar penelitian ini dengan melihat seberapa besar penyimpangan nilai yang terjadi menggunakan analisis statistik R^2_{sqrt} . Sungai Manikin merupakan salah satu sungai yang terletak pada Kabupaten Kupang. Pada Sungai Manikin, ketersediaan data debit tidak ada, sehingga perlu dilakukan analisis dalam pendugaan debit puncak untuk mengetahui potensi air pada Sungai Manikin. Oleh karena itu penulis mengambil judul **“Keandalan Metode *Soil Conservation Services-Curve Number* (SCS-CN) untuk Perhitungan Debit Puncak pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Manikin Kabupaten Kupang”**.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipandang sebagai bagian dari permukaan bumi tempat air hujan menjadi aliran permukaan dan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai menuju ke suatu titik di sebelah hilir sebagai titik pengeluaran. Setiap DAS besar yang bermuara ke laut merupakan gabungan dari beberapa DAS sedang sub DAS adalah gabungan sub DAS kecil-kecil (Soewarno, 2000).

Menurut Sosrodarsono, Suyono, dan Takeda (2003) berdasarkan perbedaan debit banjir yang terjadi, bentuk DAS dapat dibedakan menjadi tiga bentuk, yaitu bentuk bulu burung, bentuk radial, dan bentuk paralel.

Tataguna Lahan

Faktor tata guna lahan pada DAS memberikan pengaruh cukup dominan. Macam penggunaan lahan akan sangat menentukan besarnya *losses* akibat infiltrasi dan besarnya koefisien limpasan permukaan. Perubahan tata guna lahan dapat menyebabkan perubahan nilai koefisien limpasan permukaan dan kerapatan jaringan kuras (Jayadi.R, 2005).

Soil Conservation Service (SCS) menggambarkan pengaruh tataguna lahan terhadap limpasan dengan nilai CN. Namun sebenarnya nilai CN tidak hanya berdasarkan tataguna lahan, tetapi dilihat dari kondisi tanah, vegetasi dan kelengasan tanah pada tutupan lahan tersebut, sehingga dengan karakter tersebut dapat ditentukan nilai CN untuk Metode SCS.

Tanah

Tanah merupakan bahan hasil pelapukan buatan. Karakteristik tanah dan sebaran jenisnya dalam DAS sangat menentukan besarnya infiltrasi limpasan permukaan (*overland flow*) dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*). Karakteristik tanah yang penting untuk diketahui antara lain berat isi, tekstur, kedalaman, dan pelapisan tanah (Rahayu. S, 2009).

Adapun di Indonesia terdiri dari bermacam-macam jenis tanah yang tersebar, antara lain organosol atau tanah gambut, alluvial, regosol, litosol, latosol, grumosol, pedsoik merah kuning, andosol, mediteran dan sebagainya.

Jenis tanah berpengaruh pada nilai hujan, sehingga tanah dibagi dalam beberapa kelas. Pembagian kelas tanah berdasarkan aspek hidrologi, ditinjau dari laju infiltrasi. Semakin besar butiran tanah semakin besar pula laju infiltrasinya, sebaliknya jika tanah berbutir halus, maka laju infiltrasinya

semakin kecil, sehingga menyebabkan limpasan permukaan. Pembagian kelas tanah berdasarkan aspek hidrologi menurut Triatmodjo 2009 dibagi atas 4(empat) kelompok, yakni :

- Kelompok A : Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan rendah, mempunyai laju infiltrasi tinggi. Terutama untuk tanah berpasir (*deep sand*) dengan *silty* dan *clay* sangat sedikit; juga kerikil (*gravel*) yang sangat lulus air.
- Kelompok B : Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak rendah, laju infiltrasi sedang. Tanah berbutir sedang (*sandy soils*) dengan laju meloloskan air sedang.
- Kelompok C : Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan agak tinggi laju infiltrasi lambat jika tanah tersebut sepenuhnya basah. Tanah berbutir sedang sampai halus (*clay* dan *colloids*) dengan laju meloloskan air lambat.
- Kelompok D : Terdiri dari tanah dengan potensi limpasan tinggi, mempunyai laju infiltrasi sangat lambat. Terutama tanah liat (*clay*) dengan daya kembang (*swelling*) tinggi, tanah dengan muka air permanen tinggi, tanah dengan lapis lempung didekat permukaan dan tanah yang dilapisi dengan bahan kedap air.

Pembagian kelompok tanah secara hidrologi berdasarkan laju infiltrasi dalam satuan mm/jam dan tekstur tanah, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengelompokan Tanah dari Tekstur berdasarkan Laju Infiltrasi dan Pengelompokan Tanah (Triatmodjo,B.,2009)

No.	Tekstur Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (fc)(mm/jam)	Pengelompokan Tanah Secara Hidrologi
1	<i>Sand</i>	210,0	A
2	<i>Loamy Sand</i>	61,0	A
3	<i>Sandy Loamy</i>	26,0	B
4	<i>Loam</i>	13,0	B
5	<i>Silty Loam</i>	6,9	C
6	<i>Sandy Clay Loam</i>	4,3	C
7	<i>Silty Clay Loam</i>	2,3	D
8	<i>Clay Loam</i>	1,5	D
9	<i>Sandy Clay</i>	1,3	D
10	<i>Silty Clay</i>	1,0	D
11	<i>Clay</i>	0,5	D

Debit Aliran

Data debit atau aliran sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelola sumber daya air. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara data debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan alokasi (pemanfaatan) air untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang (Asdak. C, 2010).

Debit aliran adalah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu, diberi notasi Q. Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik (m³/det) atau satuan yang lain (liter//det, liter/menit, dsb) (Triatmodjo. B, 2009).

ANALISIS HIDROLOGI

Kemiringan Sungai

Kemiringan sungai berpengaruh besar pada kecepatan aliran. Semakin tinggi kemiringan sungai maka kecepatan aliran semakin cepat, sedangkan semakin rendah kemiringan sungai, maka kecepatan aliran semakin pelan. Nilai kemiringan sungai dapat ditentukan dengan panjang sungai dan perbedaan tinggi pada hulu dan hilir sungai. Kemiringan sungai dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_o = \frac{\Delta H}{L} \quad (1)$$

Dimana :

S_o adalah Kemiringan rata-rata sungai

ΔH adalah Beda elevasi hulu dan hilir (m)

L adalah Panjang Sungai (km)

Analisis Curah Hujan

Besarnya curah hujan diukur dengan menggunakan alat penakar curah hujan. Alat penakar curah hujan dibedakan menjadi dua grup, yakni alat penakar hujan manual dan Alat penakar hujan otomatis, (Suripin, 2004).

Metode Rata-Rata Aritmatik

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2)$$

Dimana:

R adalah Curah hujan rata-rata (mm)

N adalah Jumlah stasiun hujan

R_1, R_2, R_n adalah Curah hujan pada masing-masing stasiun hujan(mm)

Debit Banjir atau Debit Puncak

Metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*)

Metode SCS-CN merupakan sebuah pendekatan empiris yang cukup banyak digunakan untuk perhitungan limpasan langsung (*direct runoff*) dari kejadian hujan, mulai dari daerah tangkapan hujan (*watershed*) berupa lahan pertanian kecil, hutan maupun perkotaan, serta mampu menggabungkan beberapa karakteristik daerah tangkapan.

Penggunaan Metode SCS dalam penetapan hujan efektif menyatakan variabel *curve number* (CN) sebagai fungsi karakteristik DAS yang lain seperti tanah, tanaman penutup, tataguna lahan, kelembaban dan cara pengerjaan tanah. Persamaan yang diberikan untuk perhitungan debit menggunakan Metode SCS-CN adalah sebagai berikut (Arsyad. S, 2010) :

$$Q_p = \frac{0.0021 Q A}{T_p} \quad (3)$$

Dimana :

Q_p adalah laju puncak aliran permukaan (m^3/dtk)

Q adalah volume aliran permukaan (m)

A adalah luas DAS (m^2)

T_p adalah waktu puncak (dtk)

Persamaan Kurva Debit

Sebagai pembanding debit SCS-CN dihitung menggunakan persamaan kurva lengkung debit yang diberikan Puslitbang Bandung adalah sebagai berikut :

$$Q = 8,929 (H-0,020)^{2,343} \quad (4)$$

Dimana :

Q adalah debit air (m³/dtk)

H adalah tinggi muka air (m)

Menilai Hasil Kalibrasi

Untuk kalibrasi suatu hasil perhitungan, terdapat dua cara yaitu cara visual dan cara statistik. Untuk cara visual ditunjukkan dengan grafik, sedangkan untuk cara statistik dianalisis dengan beberapa metode atau rumus.

Pada penelitian ini, hasil kalibrasi digunakan adalah cara statistik dengan menggunakan persamaan R^2 sqrt (Indarto, 2010:98). Persamaan tersebut dirumuskan sebagai berikut :

$$R = 1 - \frac{\sum[\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_M}]^2}{\sum[\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_0}]^2} \quad (5)$$

Dimana :

Q_0 adalah debit terukur

Q_M adalah ebit terhitung

METODE PENELITIAN

Teknik Analisis Data

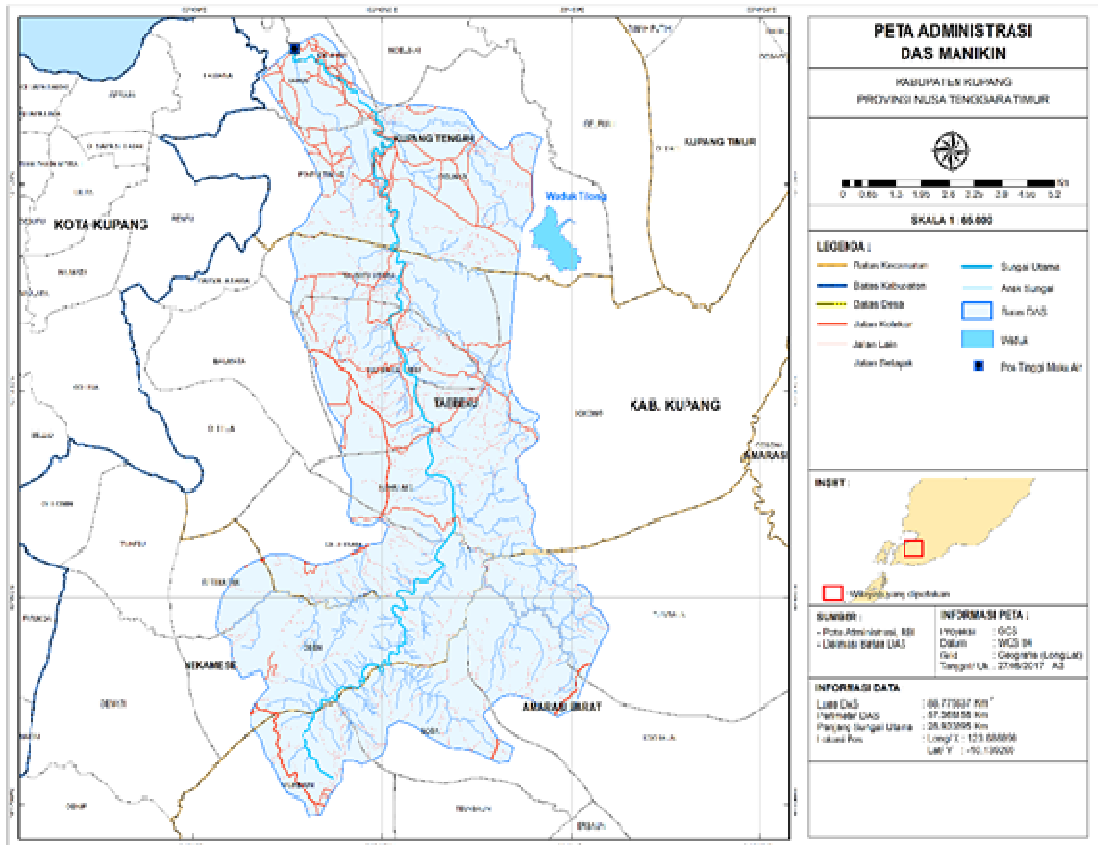
Dalam penelitian ini, langkah-langkah pengolahan data nya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan elevasi hulu dan hilir sungai, untuk menghitung kemiringan sungai berdasarkan Persamaan 1.
2. Menentukan nilai *curve number*(CN) berdasarkan peta jenis tanah dan peta tutupan lahan.
3. Menentukan nilai retensi potensial (S), nilai *curve number*, faktor curah hujan (P).
4. Menentukan volume aliran permukaan (Q), waktu konsentrasi, waktu hujan lebih dan waktu puncak.
5. Menentukan nilai debit puncak Metode SCS-CN berdasarkan Persamaan 3.
6. Menentukan debit puncak tahunan berdasarkan Persamaan 4 dengan memasukkan nilai tinggi muka air maksimum.
7. Menentukan nilai kalibrasi berdasarkan Persamaan 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai Manikin merupakan salah satu DAS yang berada pada Kabupaten Kupang dengan Hulu pada daerah Baun dan hilir di Desa Mata Air Tarus, Kecamatan Kupang Tengah, dengan letak geografisnya berada pada garis lintang 10⁰ 08' 38" LS dan gais bujur 123⁰ 41' 10" BT. Untuk DAS Manikin memiliki luas sebesar 86,77 km² dan panjang sungai dari hulu ke hilir (pos tinggi muka air) sebesar 26,93 km dengan kemiringan sungai rata-rata 0,012. Bentuk dari DAS Manikin dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Peta Administrasi DAS Manikin

Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan menggunakan persamaan 2. Untuk DAS Manikin terdapat dua pos pengukur curah hujan, yakni pos hujan Lasiana dan Pos hujan Baun yang masing-masing terletak pada luar DAS. Kedua pos hujan ini mempengaruhi hujan yang masuk pada DAS Manikin, sehingga hujan yang tercatat pada tiap pos hujan dihitung rata-ratanya dan diambil yang maksimum untuk perhitungan debit puncak tahunan. Hasil perhitungan curah hujan dapat di lihat pada tabel 2 dalam perhitungan debit Metode SCS-CN.

Analisis Debit dengan Metode SCS-CN

Nilai debit puncak untuk Metode SCS-CN dapat dihitung apabila diketahui luas DAS (ha), volume aliran permukaan (mm), dan waktu puncak (jam). Hasil analisis debit puncak untuk Metode SCS-CN dapat di lihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai Debit Puncak (Q_p) Metode SCS-CN

No.	Tahun	Hujan Maksimum Harian Rata-Rata (mm)	Nilai Q_p (m^3/dtk)
1	2009	96,5	177,575
2	2010	93,0	164,013
3	2011	59,0	52,117
4	2012	71,5	88,357
5	2013	89,0	148,893
6	2014	93,0	164,013
7	2015	120,5	277,458

Analisis Debit dengan Persamaan Kurva Debit

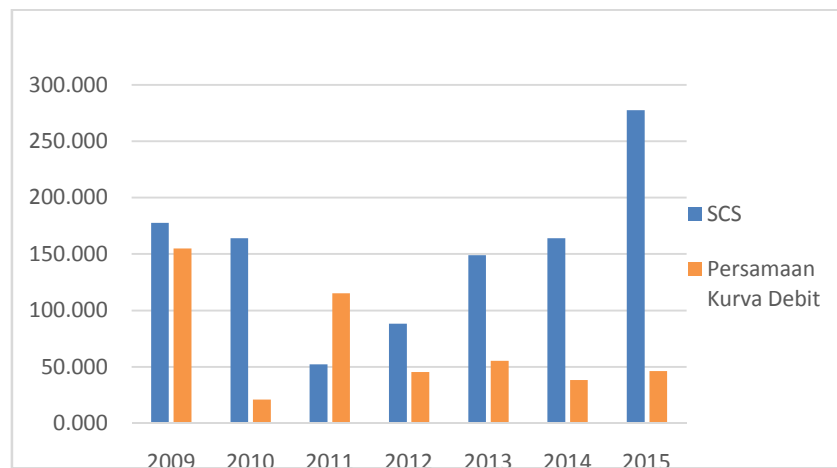
Sebagai pembandingan nilai debit puncak dengan Metode SCS-CN, digunakan persamaan ini. Analisis debit puncak pada persamaan ini, menggunakan data tinggi muka air harian dalam tiap tahun, lalu dipilih nilai debit yang maksimum sebagai nilai pembandingan dengan debit Metode SCS-CN. Hasil perhitungan debit dengan Persamaan Kurva Debit dapat di lihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai Debit Puncak Persamaan Kurva Lengkung Debit

No	Tahun	TMA Maksimum (m)	Debit (m ³ /dtk)
1	2009	3,40	154,901
2	2010	1,46	20,982
3	2011	3,00	115,317
4	2012	2,02	45,30
5	2013	2,20	55,438
6	2014	1,88	38,379
7	2015	2,04	46,370

Perbandingan Debit Persamaan Kurva Lengkung Debit dengan Metode SCS-CN

Perbandingan Debit Persamaan Kurva Lengkung Debit dengan Metode SCS-CN dapat di lihat pada Gambar 3 berikut ini



Gambar 3. Histogram perbandingan debit SCS-CN dengan Kurva Debit berdasarkan data pengukuran tinggi muka air

Kalibrasi Tingkat Keakuratan Data

Berikut adalah tabel hasil perbandingan nilai statistik hasil analisis debit maksimum terukur dan terhitung menggunakan metode *Soil Conservation Services – Curve Number*.

Tabel 4. Nilai Statistik R²sqrt (Selisih antara debit terukur dan terhitung SCS-CN per tahun)

No	Tahun	Q ₀ (m ³ /det)	Q _m (m ³ /dtk)	$\sqrt{Q_0}$	$\sqrt{Q_M}$	$(\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_M})$	$(\sqrt{Q_0} - \sqrt{\sqrt{Q_0}})^2$
1	2009	154,901	177,575	12,446	13,326	0,774	1,666
2	2010	20,982	164,013	4,581	12,807	67,669	83,830
3	2011	115,317	52,117	10,739	7,219	12,386	8,987

No	Tahun	Q ₀ (m ³ /det)	Q _m (m ³ /dtk)	$\sqrt{Q_0}$	$\sqrt{Q_M}$	$(\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_M})$	$(\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_0})^2$
4	2012	45,300	88,357	6,731	9,400	7,125	49,083
5	2013	55,438	148,893	7,446	12,202	22,624	39,574
6	2014	38,379	164,013	6,195	12,807	43,714	56,873
7	2015	46,370	277,458	6,810	16,657	96,974	47,982
	Σ	482,175	1072,426	54,946	86,096	251,267	287,996

Berdasarkan Persamaan 5 untuk debit terukur (Q₀) adalah debit hasil Persamaan Kurva Debit, dan debit terhitung (Q_M) adalah debit Metode SCS maka nilai R yang diperoleh

$$R = 1 - \frac{251,267}{287,996}$$

$$R = 0,128$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan, debit puncak selama 7 tahun dari tahun 2009 hingga 2015 yang terbesar menurut Metode SCS-CN terjadi pada tahun 2015 yakni sebesar 277,458 m³/dtk sedangkan Persamaan Kurva Debit untuk tahun yang sama hanya 46,370 m³/dtk. Untuk debit banjir yang paling kecil selama 7 tahun, pada Metode SCS-CN terjadi pada Tahun 2011 sebesar 52,117 m³/dtk sedangkan pada Persamaan Kurva Debit untuk tahun yang sama pula sebesar 115,317 m³/dtk. Ditinjau dari Persamaan Kurva Debit, debit banjir terkecil terjadi pada Tahun 2010 sebesar 20,982 m³/dtk, dan pada tahun yang sama SCS-CN sebesar 164,013 m³/dtk, sedangkan yang terbesar terjadi pada Tahun 2009 sebesar 154,901 m³/dtk. Besarnya nilai hasil kalibrasi menggunakan persamaan R²_{sqrt} dari perbandingan debit puncak Metode SCS-CN dan Persamaan Kurva Debit diperoleh 0,128 dengan interpretasi sangat rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa Metode SCS-CN tidak dapat diterapkan pada DAS Manikin.

KESIMPULAN

1. Debit maksimum pada Metode SCS-CN yang terbesar terjadi pada Tahun 2015 sebesar 277,458 m³/dtk dan yang terkecil terjadi pada Tahun 2011 sebesar 52,117 m³/dtk.
2. Debit maksimum pada Persamaan Kurva Debit yang terbesar terjadi pada Tahun 2009 sebesar 154,90 m³/dtk dan yang terkecil terjadi pada Tahun 2010 sebesar 20,982 m³/dtk.
3. Hasil kalibrasi dengan menggunakan persamaan R²_{sqrt} diperoleh nilai R sebesar 0,128.
4. Berdasarkan nilai R sebesar 0,128 ditinjau berdasarkan Tabel 2.3 maka interpretasinya tergolong sangat rendah, yang artinya Metode SCS-CN tidak andal pada DAS Manikin.

SARAN

1. Saran untuk pemerintah atau instansi yang berkaitan dalam hal penjaagaan dan pemeliharaan pos ukur tinggi muka air, disarankan untuk memasang alat pengukur tinggi muka air yang bersifat otomatis, sehingga tidak terjadi kesalahan pengamatan dan penyajian data yang tidak terlalu baik.
2. Untuk peneliti selanjutnya yang menerapkan Metode SCS-CN pada DAS yang lain, disarankan untuk mengambil langsung tanah dari lokasi penelitian dan selanjutnya di uji

laboratorium, untuk mengetahui tekstur tanah yang sebenarnya dalam pembagian kelas hidrologi pada metode ini.

3. Karena terdapat berbagai kekurangan dalam analisis debit banjir menggunakan pendekatan-pendekatan yang ada, maka sebaiknya perlu dibangun suatu konstruksi melintang pada sungai seperti jembatan untuk membantu mempermudah dalam pengukuran debit ketika banjir menggunakan alat seperti *current meter* agar lebih tahu pasti debit yang mengalir saat tinggi muka air.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad,S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor,IPB
- Asdak. C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press,Yogyakarta.
- Indarto. 2010. *Hidrologi (Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi)*. Bumi Aksara,Jakarta.
- Jayadi. R., 2005. *Optimasi Tata Guna Lahan dan Penerapan Rekayasa Teknik dalam Analisa Banjir di Daerah Aliran Sungai: Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Ciliwung di Hulu di Bendung Katulampa*. Vol.12,No.2:53-61
- Rahayu. S.,dkk. 2009. *Monitoring Air di Daerah aliran sungai*. World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office.104p. Bogor, Indonesia
- Seyhan E. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press, . Yogyakarta.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometer)*. NOVA,Bandung.
- Sosrodarsono, dkk., 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*.Pradnya Paramita,Jakarta
- Suripin., 2004. *Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi,Yogyakarta.
- Triatmodjo. B., 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Ofset,Yogyakarta.

