

JURNAL TEKNIK SUMBER DAYA AIR

Jurnal Teknik Sumber Daya Air merupakan jurnal sawala (*peer-review*) yang mempublikasikan hasil penelitian atau kajian dalam pengelolaan sumber daya air yang mencakup aspek konservasi, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air. Ketiga aspek ini secara inovatif dan kreatif disinergikan dengan penerapan teknologi yang berbasis pada interaksi lingkungan dan sosio-ekonomi pada suatu wilayah sungai. Jurnal ini diterbitkan secara berkala setiap bulan Februari, Juni dan Oktober dalam bentuk cetak (*printed*) dan daring (*online*).

- Penanggung Jawab** : Mudjadi
- Ketua Dewan Penyunting** : Nadjadji Anwar
- Anggota Dewan Penyunting** : Djoko Legono
Doddi Yudianto
Dwita Sutjiningsih Marsudiantoro
Eka Nugraha Abdi
Iwan Kridasantausa Hadihardaja
Lily Montarcih Limantara
Rahmat Suria Lubis
Suseno Darsono
Tri Djoko Margianto
Umboro Lasminto
- Penyunting Pelaksana** : Emir Faridz
Heri Suprpto
Reza Chandra
Sri Wulandari
Widya Silfianti
- Mitra Bestari** : Angrahini (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Djajamurni Wargadalam (Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia)
Edijatno (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Indratmo Soekarno (Institut Teknologi Bandung)
Joko Nugroho (Institut Teknologi Bandung)
Mochammad Amron (Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia)
Nur Yuwono (Universitas Gadjah Mada)
Rahmat Djayadi (Universitas Gadjah Mada)
Rahmat Suria Lubis (Puslitbang Sumber Daya Air)
Robertus Wahyudi Triweko (Universitas Katolik Parahyangan)
Suseno Darsono (Universitas Diponegoro)
Very Dermawan (Universitas Brawijaya)
- Redaksi** : Asep Harhar Muharam
Tur Indah Sulistiowati



Alamat Redaksi :

Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia

Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Lt. 8

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jl. Patimura No. 20 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12100

Telepon & Fax. +6221-72792263

<http://www.hathi-pusat.org> | jtsda@hathi-pusat.org

JURNAL TEKNIK SUMBER DAYA AIR

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Rencana Tindak Darurat Bendungan <i>Manganar Alfa Kardinal</i>	1-8
Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Air Sungai Code <i>Esti Wulandari</i>	9-16
Studi Performa Metode SUH-SCS dalam Memodelkan Hujan-Limpasan Berbasis Runtut Waktu pada DAS Jiangwan, Cina <i>Obaja Triputera Wijaya*, Steven Reinaldo Rusli, dan Doddi Yudianto</i>	17-22
Perencanaan Pengelolaan Drainase Berwawasan Lingkungan di Kanal Banjir Barat (KBB) <i>Sebastianus Priambodo</i>	23-32
Pengelolaan Daerah Konservasi Airtanah di DAS Serayu <i>Sigit Ajar Susilo</i>	135-146
Kelayakan Ekonomi Bendungan Sematok di Kabupaten Nganjuk <i>Bambang Risharnanda</i>	135-146

Bambang Risharnanda
**KELAYAKAN EKONOMI BENDUNGAN SEMATOK
 DI KABUPATEN NGANJUK**
 JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 41-50

Pembangunan bendungan memiliki skala investasi yang sangat besar. Oleh karena itu sebelum pembangunan dilaksanakan terlebih dahulu perlu dilakukan analisa kelayakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai *cost*, *benefit*, kelayakan ekonomi dan menganalisis sensitivitas kelayakan ekonomi Pembangunan Bendungan Semantok pada kondisi tahun 2015. Analisa ekonomi kelayakan pembangunan bendungan harus dievaluasi mulai dari tahapan identifikasi kebutuhan, pemunculan desain teknis, dan profit atau manfaat yang bisa dihasilkan oleh proyek tersebut, untuk kesejahteraan umum masyarakat. Metode yang digunakan untuk menganalisis kelayakan rencana Bendungan Semantok ini antara lain *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Dari hasil analisa diperoleh nilai *cost* Pembangunan Bendungan Semantok adalah Rp.313.632.065.000,-. Sedangkan nilai *benefit* total Pembangunan Bendungan Semantok adalah sebesar Rp.85.480.052.457,- dengan rincian *Benefit* Irigasi sebesar Rp.84.099.632.327, *Benefit* PLTM sebesar Rp. 580.420.080,- dan *Benefit* Pengendalian Banjir sebesar Rp.800.000.000,-. Dari hasil analisa juga diketahui bahwa Pembangunan Bendungan Semantok secara ekonomi layak untuk dibangun, dengan analisa ekonomi untuk Nilai *Net Present Value* > 0 yaitu Rp. 194.775.172.969,-, Nilai *Internal Rate of Return* > 12% yaitu 19,79 % dan Nilai *Benefit Cost Ratio* > 1 yaitu 1,762. Selain itu diperoleh analisis sensitivitas di dalam studi Bendungan Semantok ditinjau dengan 7 (tujuh) keadaan, kondisi manfaat turun 10%, biaya naik 19 % dan pelaksanaan terlambat 2 tahun memiliki hasil tingkatan kelayakan paling rendah dengan NPV = Rp. 72.589.703.402,-; IRR = 14,14% ; B/C = 1,29.

Kata kunci: *Kelayakan Ekonomi, Bendungan, NPV, IRR dan BCR*

Esti Wulandari
**PENGELOLAAN DAN PEMANFAATAN SUMBER
 DAYA AIR SUNGAI CODE**
 JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 9-16

Di kota Yogyakarta terdapat permasalahan di Kali Belik, yaitu terjadinya genangan air di Klitren dan Langensari. Genangan airdi lokasi ini sudah sangat mengganggu aktivitas di sekitarnya. Saluran penggelontor yang diharapkan dapat mengatasi genangan ternyata tidak dapat berfungsi. Selain itu, limbah rumah tangga dan sampah masuk ke sungai Belik semakin menyebabkan terganggunya aliran. Kegiatan ini dimaksudkan untuk menyiapkan perencanaan detail bangunan yang mampu menunjang pemanfaatan potensi air yang ada dan berasal dari aliran sungai Code sebagai air baku dan untuk mengatasi permasalahan di Kali Belik. Kegiatan Pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya air Kali Code yang direncanakan pada saat ini meliputi (1) Perencanaan Pengolahan Air Baku (IPA) Gemawang, (2) Pembangunan dan rehabilitasi mata air (belik) disepanjang tepi sungai (8 lokasi), (3) Rehabilitasi dan Pembangunan perkuatan tebing Sungai, (4) Perbaikan dan rehabilitasi Inlet drainase permukiman yang masuk Sungai Code dan (5), pembangunan IPAL komunal permukiman padat sepanjang sungai di 2 lokasi

Kata kunci: pengelolaan, pemanfaatan, potensi air, Kali Code, Kali Belik

Manganar Alfa Kardinal
RENCANA TINDAK DARURAT BENDUNGAN
 JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 1-8

Keruntuhan bendungan bisa diakibatkan oleh *overtopping* dimana air yang melimpas melalui puncak bendungan atau *piping* dimana bocoran yang membawa material bendungan secara berangsur-angsur. Untuk itu perlu dilakukan Rencana Tindak Darurat (RTD) Bendungan sebagai panduan instansi terkait dalam melakukan tindakan pada saat terjadi keadaan darurat pada bendungan. Sehingga dampak akibat keruntuhan dapat diminimalkan. Studi ini bermaksud memaparkan RTD dengan keluaran berupa Identifikasi Gejala, Keadaan Darurat dan Pencegahan.

Kata kunci: bendungan, keruntuhan, tindak darurat

Obaja Triputera Wijaya, Steven Reinaldo Rusli, dan Doddi Yudianto
**STUDI PERFORMA METODE SUH-SCS DALAM
 MEMODELKAN HUJAN-LIMPASAN BERBASIS
 RUNTUT WAKTU PADA DAS JIANGWAN, CINA**
 JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 17-22

Kebutuhan akan model hidrologi yang berbasis data kontinu semakin bertambah seiring dengan berkembangnya permasalahan-permasalahan yang ada, seperti kekeringan, banjir, perubahan iklim, dan perubahan lahan. Metode SUH-SCS merupakan metode yang sering digunakan di Indonesia dikarenakan kemudahannya, namun metode ini hanya digunakan berbasis *single event*. Studi ini bertujuan untuk mengetahui performa daripada metode SUH-SCS jika digunakan untuk mensimulasikan hujan-limpasan berbasis harian. Metode ini diuji pada DAS Jiangwan, Cina dengan data pencatatan hujan dan debit dari tahun 1971-1986. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa performa dari metode SUH-SCS kurang memuaskan dilihat dari fungsi objektif NS yang bernilai rata-rata -0,16 dan RVE bernilai rata-rata 0,8 untuk rentang CN = 36-60. Performa yang kurang memuaskan ini disebabkan oleh dua faktor, pertama metode SUH-SCS tidak dapat memodelkan kehilangan air akibat adanya patahan yang terdapat pada DAS tersebut, dan yang kedua dikarenakan parameter CN tidak terdistribusi secara waktu. Hal ini dibuktikan dengan mengambil data hujan-hujan ekstrim dan hujan-hujan yang terjadi secara berurutan dari tahun 1971-1973. Hasilnya, performa dari SUH-SCS sangat memuaskan, dimana nilai NS = 0,618 dan RVE = 0,13.

Kata Kunci: Model hidrologi, Metode SUH-SCS, Performa model

Sebastianus Priambodo
**PERENCANAAN PENGELOLAAN DRAINASE
 BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KANAL BANJIR
 BARAT (KBB)**

JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 23-32

Pada tahun 2007 dan 2010 di beberapa wilayah di Jakarta mengalami banjir yang cukup besar termasuk wilayah pemukiman yang ada di sekitar Kanal Banjir Barat. Banjir ini menyebabkan terganggunya beberapa wilayah seperti Kawasan Waduk Setiabudi, Kawasan Bendungan Hilir, Kawasan Tanah Abang dan Kawasan Grogol. Dari penelusuran awal diketahui bahwa kondisi Kanal Banjir Barat yang dimulai dari Pintu Air Manggarai sampai Ke Muara Angke masih dalam kondisi cukup baik. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain masalah kualitas air yang terdapat di sepanjang Kanal Banjir Barat yang mengalami pencemaran. Selain itu, lokasi genangan yang ada disepanjang Kanal Banjir Barat menunjukkan bahwa sistim jarimngan drainase yang ada perlu untuk ditingkatkan dan diperbaiki kondisinya. Untuk memperbaiki agar kualitas air yang ada di Kanal Banjir Barat mempunyai kualitas yang sesuai dengan ambang batas yang ditetapkan dan mengurangi genangan yang diakibatkan oleh banjir maka perlu dilakukan kegiatan ini. Maksud kegiatan ini adalah agar kawasan di sekitar Kanal Banjir Barat mempunyai konsep pembangunan drainase yang terpadu dengan prasarana pengelolaan air limbah dan persampahan sehingga tercipta sistem drainase yang tertata baik dan tidak mencemari Kanal Banjir Barat (KBB).

Kata kunci: drainasi, lingkungan, Kanal Banjir Barat

Sigit Ajar Susilo
**STUDI PENGELOLAAN DAERAH KONSERVASI
 AIRTANAH DI DAS SERAYU**

JTSDA Februari 2016, Vol. 2 No. 1., h 33-40

Airtanah merupakan salah satu sumberdaya air yang potensial untuk pemenuhan kebutuhan hidup manusia di suatu wilayah, sehingga diperlukan upaya dalam penyediaan airtanah yang sehat, murah dan tersedia dalam jumlah yang sesuai kebutuhan. DAS Serayu mengalami penurunan muka airtanah. Ini merupakan salah satu indikasi berkurangnya jumlah airtanah pada akuifer, sehingga dikhawatirkan akan menyebabkan berkurangnya cadangan airtanah di Cekungan Air Tanah (CAT). Studi ini bertujuan untuk menyusun suatu konsep pengelolaan daerah konservasi Airtanah di DAS Serayu. Hasilnya menunjukkan bahwa pengelolaan daerah konservasi airtanah di wilayah DAS Serayu diprioritaskan pada wilayah Purwokerto-Purbalingga mengingat wilayah ini merupakan pemusatan aktivitas penduduk dengan tingkat kerawanan pencemaran airtanah adalah mudah tercemar.

Kata kunci: airtanah, konservasi, DAS Serayu, pencemaran



STUDI PERFORMA METODE SUH-SCS DALAM MEMODELKAN HUJAN-LIMPASAN BERBASIS RUNTUT WAKTU PADA DAS JIANGWAN, CINA

STUDY OF SUH-SCS METHOD PERFORMANCE ON CONTINUE BASE RAINFALL-RUNOFF MODELING IN JIANGWAN CATCHMENT AREA, CHINA

Obaja Triputera Wijaya*, Steven Reinaldo Rusli, dan Doddi Yudianto

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan

*obaja.wijaya@unpar.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan model hidrologi yang berbasis data kontinu semakin bertambah seiring dengan berkembangnya permasalahan-permasalahan yang ada, seperti kekeringan, banjir, perubahan iklim, dan perubahan lahan. Metode SUH-SCS merupakan metode yang sering digunakan di Indonesia dikarenakan kemudahannya, namun metode ini hanya digunakan berbasis *single event*. Studi ini bertujuan untuk mengetahui performa daripada metode SUH-SCS jika digunakan untuk mensimulasikan hujan-limpasan berbasis harian. Metode ini diuji pada DAS Jiangwan, Cina dengan data pencatatan hujan dan debit dari tahun 1971-1986. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa performa dari metode SUH-SCS kurang memuaskan dilihat dari fungsi objektif NS yang bernilai rata-rata -0,16 dan RVE bernilai rata-rata 0,8 untuk rentang CN = 36-60. Performa yang kurang memuaskan ini disebabkan oleh dua faktor, pertama metode SUH-SCS tidak dapat memodelkan kehilangan air akibat adanya patahan yang terdapat pada DAS tersebut, dan yang kedua dikarenakan parameter CN tidak terdistribusi secara waktu. Hal ini dibuktikan dengan mengambil data hujan-hujan ekstrim dan hujan-hujan yang terjadi secara berurutan dari tahun 1971-1973. Hasilnya, performa dari SUH-SCS sangat memuaskan, dimana nilai NS = 0,618 dan RVE = 0,13.

Kata Kunci: Model hidrologi, Metode SUH-SCS, Performa model

Abstract

The need for continue base hydrological modeling is growing along with the grows of recent problems, i.e., drought, flood, climate change, and change of land use. In Indonesia, SUH-SCS method is commonly used because of its simplicity, however, this method limitedly use for single base event. The main purpose of this study is to analyzing the performance of SUH-SCS to simulate rainfall-runoff under daily base data. This method is being tested in Jiangwan catchment area, China with discharge and rainfall data are available from 1971-1986. Based on the simulations, the result is unsatisfying where the average value of objective functions NS = -0.16 and RVE = 0.8 for CN = 36-60. It is found there are two factors causing the result is unsatisfied. First, the SUH-SCS is not capable to model the water loss due to fracture. Second, the parameter of CN is undistributed to time. For the extreme events, the performance of SUH-SCS is very well. It is proven by simulating the extreme event from 1971-1973 the average value of objective functions NS = 0.618 and RVE = 0.13.

Keywords: Hydrologic model, SUH-SCS method, Model's perfomance

LATAR BELAKANG

Perkembangan dari model hidrologi untuk mempelajari karakteristik dari sebuah Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat pesat dewasa ini. Sangat banyak model-model hidrologi yang sudah dikembangkan dan digunakan oleh beberapa negara, dimulai dari metode rasional, metode unit hidograf satuan sintetik (SUH), dan metode simulasi konseptual hujan-limpasan atau yang lebih dikenal dengan nama *conceptual rainfall-runoff simulation* (CRRS). Model-model hidrologi sendiri dikembangkan dan digunakan untuk beberapa kebutuhan seperti pengembangan *flood warning system*, peramalan kekeringan, optimasi operasi waduk dan pembangkit listrik (Misra and Singh, 2004; Hafezparst, 2013).

Di Indonesia model hidrologi yang sering digunakan, antara lain adalah metode rasional dan metode unit

hidograf satuan sintetik, dimana metode-metode ini sering diaplikasikan dalam perencanaan sebuah sistem drainase kawasan ataupun perencanaan sebuah sistem penanggulangan banjir (Wijaya, 2015). Model-model hidrologi ini sering digunakan untuk penanganan banjir ataupun perencanaan sebuah sistem drainase, sehingga metode-metode ini hanya disimulasikan berdasarkan hujan-hujan ekstrim atau berdasarkan nilai hujan dengan periode ulang tertentu (Permen, 2014).

Dari semua metode yang ada, metode SUH-SCS merupakan metode yang paling sering digunakan, baik di Indonesia maupun di negara-negara lain, dikarenakan bahwa metode ini mudah untuk dipahami dan diimplementasi, stabil, dan mampu memberikan gambaran secara cukup teliti mengenai karakteristik DAS yang ditinjau (Ponce dan Hawkins, 1996; Mishra dan Singh, 2003; HEC-HMS, 2013). Walaupun

demikian, metode SUH-SCS sendiri sering hanya digunakan untuk memodelkan hujan-hujan dengan basis *single event* padahal keperluan analisis hidrologi yang berbasis kontinu sangat diperlukan. Oleh sebab itu, pada studi ini akan dititikberatkan pada performa dari metode SUH-SCS dalam mensimulasikan hujan-limpasan pada sebuah DAS secara kontinu atau berbasis *time-series* (runtut-waktu).

Studi ini ini diambil pada sebuah DAS di Jiangwan, Cina. Pada daerah ini sudah dilakukan beberapa studi sebelumnya mengenai performa dari beberapa metode CRRS (Rusli, 2015a; Liguori, 2016), yaitu model HBV96 (Swedia), Xinanjiang (China), dan NAM (NedbØr-AfstrØmnings, Denmark), dan performa dari model-model CRRS tersebut memberikan hasil yang memuaskan. Studi mengenai perbandingan antara metode unit hidograf satuan sintetik SCS dengan metode CRRS, HBV96, pernah dilakukan pada DAS ini. Perbandingan dilakukan dengan mengambil hujan-hujan maksimum untuk masing-masing tahun dan dibandingkan hasilnya antara kedua metode tersebut dengan data debit pencatatan. Hasilnya bahwa metode unit hidograf satuan sintetik memberikan hasil yang tidak memuaskan dengan simpangan maksimumnya adalah 0,3864 dan metode HBV96 adalah 0,2048 (Rusli, 2015b).

LOKASI STUDI

Studi untuk penelitian ini dilakukan pada DAS Jiangwan yang terletak di provinsi Zhejiang, Republik Rakyat China seperti pada Gambar 1. DAS ini dibuat dengan tujuan sebagai konsverasi penelitian dimana gangguan akibat kegiatan manusia yang dapat menyebabkan perubahan pada siklus hidrologi sangat dilarang, dan

DAS ini sudah dikelola sejak 1957. Secara geografi, daerah ini terletak pada 119° 45' BT dan 30° 25' LU, dan jika dilihat bahwa daerah ini merupakan daerah yang berada di bagian Selatan dari Cina sehingga pada daerah ini mempunyai musim dingin yang singkat. Pada daerah ini sendiri yang luasnya hanya 20,9 km² memiliki 10 stasiun pencatatan hujan dan beberapa stasiun untuk pengukuran debit.

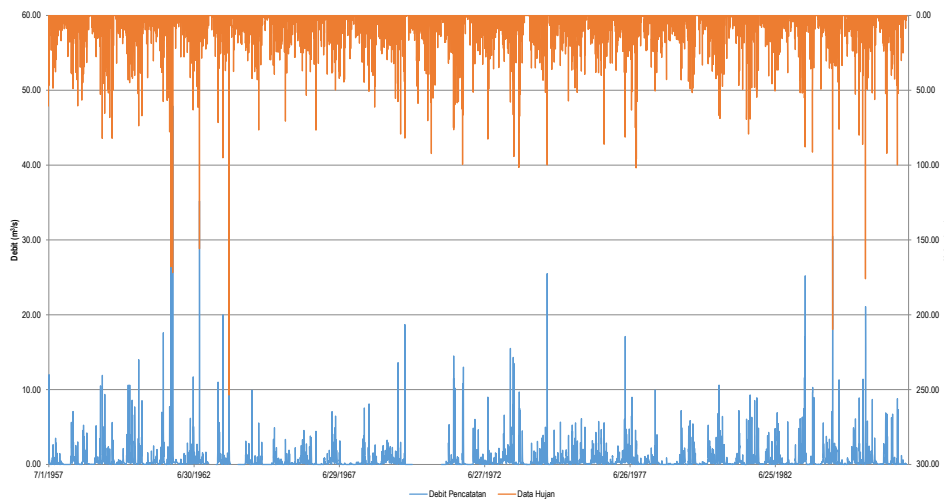
Data yang berhasil dikumpulkan adalah data curah hujan harian dari tahun 1971-1986 dan data pencatatan debit dari tahun 1971-1986. Data hujan dan data debit dicatat oleh *Zhejiang Provincial Hydrology Bureau* dan dikoreksi oleh *National Standard of People's Republic of China for Water Resources* (2000).



Gambar 1. Lokasi Studi DAS Jiangwan (Liguori, 2015)

Tabel 1. Data Karakteristik DAS

Data DAS		
Luas DAS	20,90	km ²
Rasio Panjang dan Lebar	2,50	
Panjang DAS	2891,37	m
Elevasi Tertinggi	500	msl
Elevasi Outlet	78	msl
Kemiringan DAS	0,47	
Kemiringan Sungai	0,18	
Lebar Sungai	40,00	m



Gambar 2. Data Pencatatan Hujan dan Debit 1971-1986

UNIT HIDOGRAF SINTETIK (SUH) -SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

Sintetik unit hidograf-*Soil Conservation Service* atau yang lebih dikenal sebagai SUH-SCS merupakan metode yang secara global sering digunakan. SUH-SCS merupakan hidograf turunan yang berbentuk segitiga dan tidak memiliki dimensi (Chow, 1988).

Proses yang terjadi pada model ini adalah ketika hujan jatuh maka akan ada kehilangan yang disebabkan oleh infiltrasi dan tumpangan pada permukaan, kelebihan dari hujan setelah dikurangi dengan kehilangan tersebut itulah yang menjadi limpasan. Nilai dari kehilangan tersebut sepenuhnya bergantung pada parameter *Curve Number* (CN) yang memiliki rentang dari 1-100. Semakin besar nilai CN menunjukkan limpasan yang akan terjadi semakin besar. Nilai dari pada CN ini sendiri merupakan representatif dari karakter tanah dari DAS, seperti pada tabel berikut. Selain pada infiltrasi, nilai CN ini juga mempengaruhi besarnya nilai potensi tumpangan pada lahan. Selain parameter CN, SUH-SCS juga membutuhkan sebuah parameter untuk mengubah hujan menjadi sebuah limpasan, yaitu parameter yang disebut sebagai *lag time* atau waktu keterlambatan. Walaupun demikian, parameter waktu keterlambatan juga merupakan fungsi dari CN.

$$t_l = \frac{L^{0.8} [2540 - 22,86 CN]^{0.7}}{14104 CN^{0.7} Y^{0.5}} \dots\dots\dots (1)$$

- dengan keterangan :
- t_l : waktu keterlambatan (jam)
- L : panjang saluran (m)
- CN : *curve number*
- Y : kemiringan lahan (m/m)

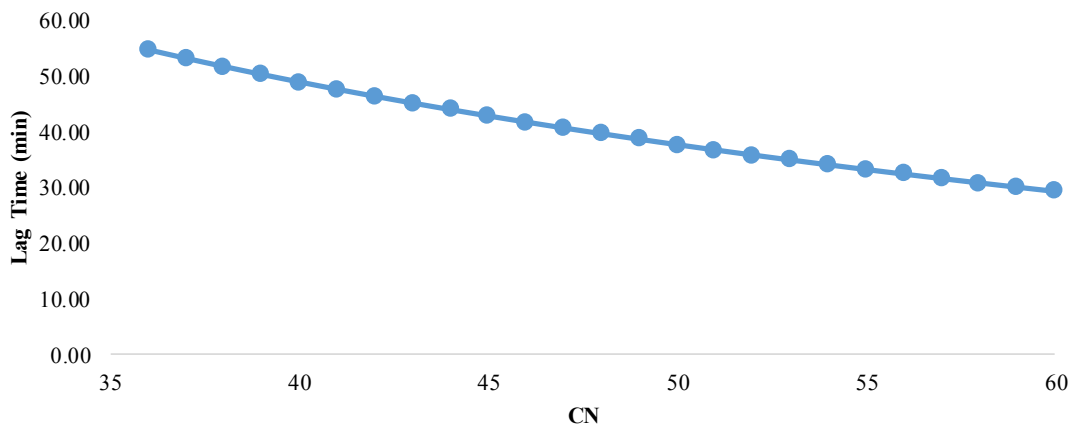
Melalui data karakteristik DAS yang telah diketahui bahwa DAS Jiangwan didominasi 90% oleh hutan bambu. Jika dilihat dari tabel 2, nilai CN untuk hutan

bambu tidaklah diketahui. Dengan mengambil asumsi rentang nilai CN untuk hutan bambu adalah 36-60, maka nilai waktu keterlambatan dapat diringkas menjadi satu dalam sebuah grafik pada Gambar 3.

Dari nilai inilah maka skenario yang akan dilakukan adalah memasukkan nilai CN dengan rentang 36-60 ke dalam simulasi dan hasilnya akan dibandingkan dengan data debit pencatatan.

Tabel 2. Nilai CN (Chow, 1988)

Land Use Description	Hydraulic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated Land				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	39	61	74	80
Good condition	68	79	86	89
Meadow : good condition	30	58	71	78
Wood or forest land :				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover	25	55	70	77
Open spaces, lawns, park, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition : grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition : grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial district (72% impervious)	81	88	91	93
Residential				
Average % impervious				
1/8 acre or less	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Paved parking lots, roof, driveways, etc.	98	98	98	98
Streets and roads:				
Paved with curbs and storm sewers	98	98	98	98
Gravel	86	85	89	91
dirt	72	82	87	89



Gambar 3. Grafik nilai waktu keterlambatan dan CN

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan untuk berbagai nilai CN (36-60) didapat bahwa hasilnya kurang memuaskan. Hal ini dapat dilihat dari nilai fungsi objektif (*objective function*) berada pada nilai yang kurang memuaskan. Pada analisis ini digunakan dua fungsi objektif, yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NS) dan *Relative Volume Error* (RVE). NS merupakan fungsi objektif yang dapat mengevaluasi hasil simulasi dari perspektif rata-rata debit observasi. Nilai NS memiliki rentang antara 1 sampai dengan 0. Hasil yang semakin kecil menunjukkan bahwa estimasi yang dilakukan terlampau besar dibandingkan dengan data sesungguhnya (Nash and Sutcliffe, 1970) Dimana persamaan NS dapat dilihat di bawah ini:

$$NS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obsi} - Q_{simi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obsi} - \bar{Q}_{obs})^2} \dots\dots\dots (2)$$

- dengan :
- NS : *Nash-Sutcliffe Efficiency*
- Q_{sim} : Debit simulasi
- Q_{obs} : Debit Pencatatan
- RQ_{obs} : Rata-rata debit pencatatan
- N : Jumlah data

Fungsi objektif kedua yang digunakan adalah *Relative Volume Error* (RVE), yang digunakan untuk menghitung volume simpangan secara kuantitatif. Nilai RVE bervariasi dari -∞ dan ∞, namun simulasi dikatakan berhasil atau memuaskan jika nilai RVE bernilai mendekati 0 yang itu artinya bahwa tidak ada perbedaan antara debit hasil simulasi dengan debit pencatatan. Persamaan RVE dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$RVE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{simi} - Q_{obsi})}{\sum_{i=1}^n Q_{obsi}} \dots\dots\dots (3)$$

Dari beberapa hasil simulasi yang telah dilakukan maka dapat dirangkum hasil dari fungsi objektif untuk hasil simulasi dari SUH-SCS.

Dari hasil yang telah dirangkum menunjukkan bahwa rata-rata nilai fungsi objektif baik NV dan RVE tidak terlalu sensitif terhadap parameter CN. Hal ini dapat dilihat dengan nilai yang ditunjukkan dari fungsi objektif NS memiliki rata-rata nilai -0,18 dan untuk fungsi objektif RVE memiliki rata-rata nilai 0,8. Walaupun demikian, nilai kedua fungsi objektif akan meningkat seiring dengan meningkatnya nilai CN dan

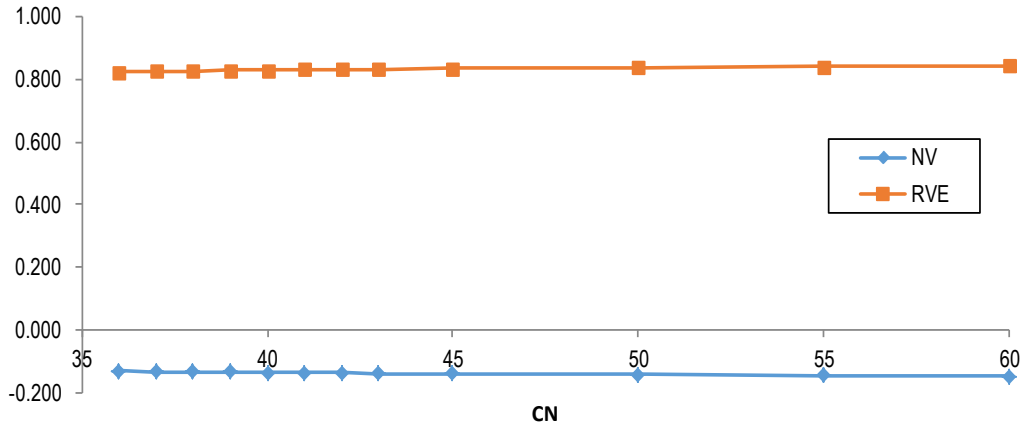
demikian sebaliknya. Melalui fungsi objektif NS juga dapat dilihat bahwa nilai yang ditunjukkan bernilai negatif. Nilai negatif atau nilai yang berada dibawah nilai 0 berarti bahwa rata-rata debit yang dihasilkan dari hasil simulasi jauh lebih besar dari pada debit pencatatan.

Gambar di bawah ini merupakan contoh hasil simulasi dengan mengambil nilai CN sebesar 60 dan diambil hasil pada tahun 1971. Dapat terlihat juga bahwa ada banyak debit hasil simulasi menunjukkan hasil yang sangat besar namun berdasarkan data pencatatan tidak terdapat debit yang mengalir pada DAS tersebut. Hal ini yang membuat nilai dari pada fungsi objektif NS bernilai negatif. Jika dilihat lebih jauh, untuk hujan-hujan ekstrim atau untuk debit yang besar (*high flow*) SUH-SCS mampu mensimulasikan data hujan dengan cukup akurat secara kasat mata. Untuk hujan-hujan yang kecil, pada kasus ini, metode SUH-SCS kurang mampu mensimulasikan hal tersebut. Dari hasil analisis juga dapat diketahui bahwa DAS Jiangwan kurang responsif, ini memiliki arti bahwa banyak terdapat kejadian dimana hujan dengan nilai yang cukup besar namun debit aktual yang terjadi sangat kecil atau bahkan tidak ada.

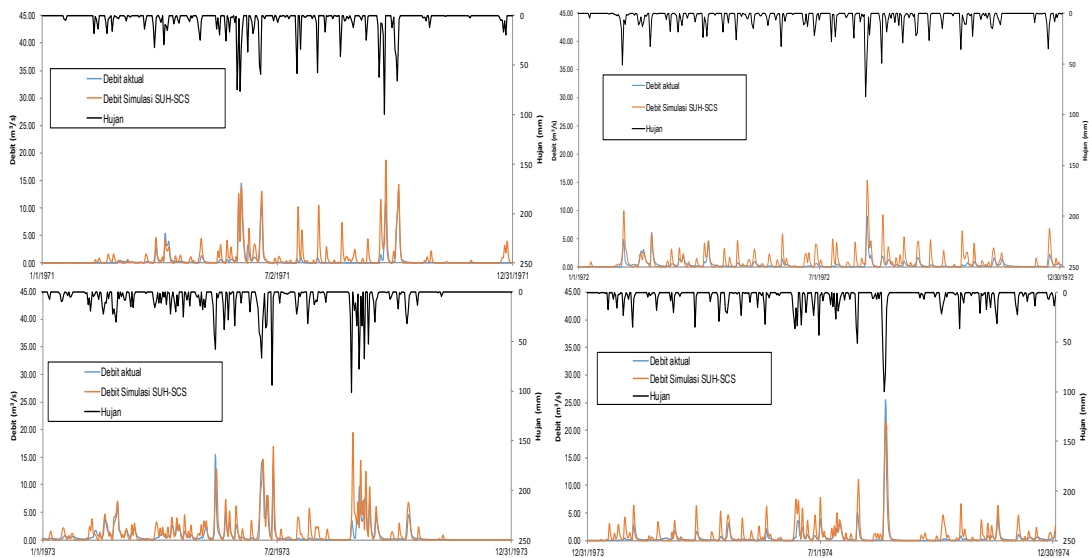
Hal ini dapat terjadi karena karakteristik dari pada DAS Jiangwan sendiri memiliki banyak sekali patahan sehingga banyak terjadi kehilangan air, sama seperti peneilitan pertama yang dilakukan mengenai karakteristik dari DAS Jiangwan (Le, et.al., 2012).

Selain karakteristik DAS Jiangwan, hal lain yang membuat simulasi dari model SUH-SCS memberikan hasil yang kurang memuaskan adalah model SUH-SCS itu sendiri. Model SUH-SCS dikembangkan pertama kali dengan tujuan untuk mendesain bangunan-bangunan hidraulik, sehingga metode ini hanya mampu mensimulasikan debit dengan hujan yang ekstrim. Salah satu parameter penting di dalam SUH-SCS ini adalah CN, dimana nilai CN sangat bergantung dari jenis tanah dan kelembapan (Ponce, 1989). Salah satu kelemahan SUH-SCS adalah parameter CN tidak dapat terdistribusi secara waktu, artinya nilai CN yang dapat digunakan hanya satu nilai untuk sepanjang simulasi sedangkan nilai dari kelembapan tanah dapat berubah akibat kejenuhan tanah. Oleh sebab itulah hasil dari simulasi ini kurang memuaskan.

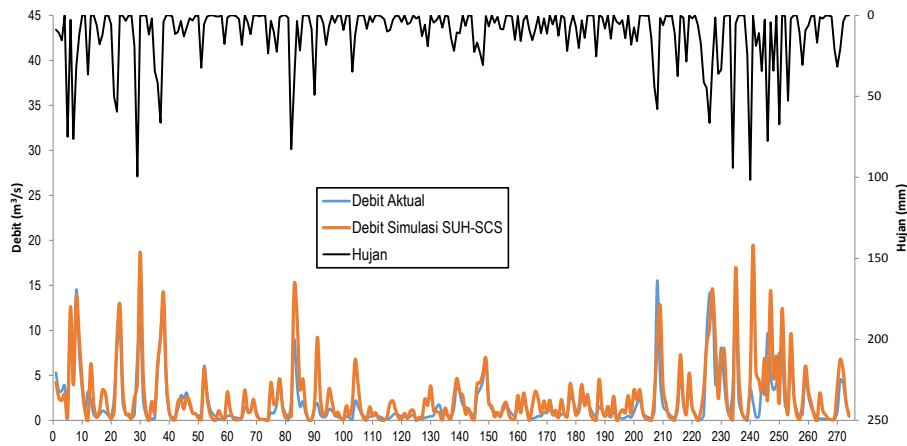
Jika hanya dilihat hujan-hujan yang bersifat ekstrim atau hujan yang terjadi secara berurutan maka, model SUH-SCS mampu dengan sangat baik mensimulasikan hujan-limpasan, karena ketika terjadi hujan ekstrim atau hujan berurutan kehilangan air akibat kelembapan udara dan infiltrasi dapat diabaikan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 4. Hasil simulasi fungsi objektif NV dan RVE



Gambar 5. Hasil simulasi SUH-SCS dengan CN= 60



Gambar 6. Hasil simulasi SUH-SCS dengan CN= 60 untuk hujan ekstrim dan hujan berurutan (1971-1973)

Dari tahun 1971-1973, baik hujan ekstrim maupun hujan terjadi secara berurutan, model SUH-SCS memberikan hasil yang sangat memuaskan dengan nilai NS 0,628 dan RVE bernilai 0,13. Ini artinya untuk hujan ekstrim

dan hujan berurutan, model SUH-SCS mampu bekerja dengan sangat memuaskan jika dibandingkan dengan jika model SUH-SCS dilakukan untuk hujan yang terjadi sepanjang tahun.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Berdasarkan hasil beberapa analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Performa dari metode SUH-SCS dalam mengubah hujan menjadi limpasan pada DAS Jiangwan, Republik Rakyat Cina, kurang begitu memuaskan. Hal ini dapat dilihat dari nilai fungsi objektif NS dan RVE yang jauh lebih rendah dari nilai yang diharapkan. Simulasi yang dilakukan dari tahun 1971-1986, dengan menggunakan metode SUH-SCS memberikan nilai NS rata-rata -0,16 dan RVE rata-rata 0,8 untuk berbagai nilai.
2. Ada beberapa kendala yang menyebabkan performa dari metode SUH-SCS tidak memuaskan, diantaranya adalah karakteristik dari DAS Jiangwan memiliki banyak patahan dimana metode SUH-SCS tidak mampu memodelkan kehilangan air akibat patahan tersebut. Alasan kedua karena parameter CN pada metode SUH-SCS tidak terdistribusi secara waktu.
3. Walaupun demikian, untuk hujan-hujan ekstrim dan hujan-hujan yang terjadi secara berurutan (1971-1973), performa dari metode SUH-SCS sangat memuaskan. Nilai NS yang dihasilkan adalah 0,618 dan nilai RVE bernilai 0,13. Hal ini disebabkan karena pada hujan ekstrim dan hujan yang terjadi secara berurutan, kehilangan air akibat kejenuhan tanah dan infiltrasi dapat diabaikan sehingga parameter CN dapat mewakili keadaan DAS dengan baik.

Rekomendasi

Setiap model hidrologi dibuat pasti memiliki kekurangan, oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi terhadap model tersebut sehingga sesuai dengan karakteristik dari sebuah DAS (Zhao, et al, 1980; Troch et al. 2002). Dalam hal ini perlu adanya modifikasi terhadap metode SUH-SCS. Modifikasi perlu dilakukan agar metode SUH-SCS dapat digunakan untuk seri data yang panjang dan yang kedua agar metode SUH-SCS dapat memodelkan kehilangan air yang diakibatkan oleh adanya patahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pekerjaan ini disponsori oleh *National Science Foundation of China (grants 41271040)* dan *The Special Fund of State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering (No. 20145028012)*.

REFERENSI

- Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.Z. Mays, 1988. *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Singapore
- Hafezparast M., Areghinejad S., Fatemi SE, 2013. A conceptual rainfall-runoff model using the auto calibrated NAM models in the Sarisoo River. *Hydrol Current Res* 4:148. doi:10.4172/2157-7587.1000148.
- HEC-HMS v.4.0, *user's manual*. 2013. U.S. Corps of Engineering, Hydrologic Engineering Center, Washington, DC
- Liguori, Christian A., 2016. Evaluation of NAM performance in Jiangwan river basin, *China, Skripsi Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia*.
- Menteri Pekerjaan Umum, 2014. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12- Drainase Perkotaan, Jakarta, Indonesia*
- Mishra, S.K., and Singh V. P., 2003. *Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Mishra, S.K., and Singh V. P., 2004. Long-term hydrological simulation based on the Soil Conservation Service curve number. *Hydrology Presiding*, Vol. 18 (7): 1291-1313.
- Nash, J. E., dan Sutcliffe, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models. *Journal of Hydrology*, 10: 282-290.
- Ponce, V. M., 1989. *Engineering hydrology: Principles and practices*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Ponce, V. M., 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity?. *Journal of Hydrology Engineering*, Vol. 1(1): 11-19.
- Troch, P., van Loon, E., Hillberts, A., 2002. Analytical solutions to a hillslope storage kinematic wave equation for sub-surface flow. *Advance in Water Resources*, Vol. 25(6). DOI: 10.1016/s0309-1708(02)00017-9
- Rusli, S.R., Yudianto, D., Liu, J.L., 2015a. Effects of temporal variability on HBV model calibration. *Water Science and Engineering*, Vol. 8 (4): 291-300.
- Rusli, S.R., Yudianto, D., Liu, J.L., 2015b. Significance of conceptual rainfall-runoff model over synthetic unit hydrograph method in simulating highflow; case study in Jiangwan Catchment, China, disajikan pada *International Civil Engineering and Infrastructure (ICCEI 2015)*, 7-8 Oktober 2015, Makassar, Indonesia.
- Wijaya, O.T., Yudianto, D., Guan, Y.Q., 2015. Optimization of pumping operation system in massively developed industrial city of Cikande, disajikan pada *International Civil Engineering and Infrastructure (ICCEI 2015)*, 7-8 Oktober 2015, Makassar, Indonesia.
- Zhao, R.J., Zuang, Y.L., Fang, L.R., Liu, X.R., Zhang, Q.S., 1980. The Xinanjiang Model. *Proceedings of the Oxford Symposium*, IAHS-AISH Publ. no.129