



ANALISA PARAMETER HIDROGRAF SATUAN SINTETIK METODE NASH DAN SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

Puji Harsanto¹, Reza Afrah Afifah², Bayu Krisna Wisnulingga³, Burhan Barid⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,

Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

³Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,

Jl. Grafika Kampus No.2, Senolowo, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta 55284

email: ¹puji_hr@umy.ac.id, ²reza.afrah.ft17@mail.umy.ac.id, ³bkrisnaw15@mail.ugm.ac.id,

⁴burhan.barid@umy.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Des 2022
Disetujui: Juni 2023
Dipublikasikan: Juni 2023

Keywords:

*Synthetic Unit
Hydrograph, Code River,
SCS, Nash, R².*

Abstrak

Pembangunan konstruksi keairan seiring berjalannya waktu semakin meningkat dengan tujuan mencegah banjir, menaikkan tinggi muka air, maupun membantu manajemen sumber daya air. Tetapi pada perencanaannya butuh data debit selama 20 tahun yang sangat sulit didapat. Oleh karena itu adanya metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) untuk membantu menganalisa tanpa menggunakan data curah hujan dan hanya menggunakan karakteristik DAS untuk analisa hidrologi. Pada penelitian ini akan menganalisa parameter hidrograf satuan sintetik dengan menggunakan metode *Nash* dan *Soil Conservation Service (SCS)* dan membandingkan dengan data dari AWLR Gemawang di Sub-DAS Sungai Code. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui metode mana yang cocok untuk sub-DAS Sungai Code di stasiun AWLR Gemawang. Indeks kesesuaian atau R^2 dari kedua metode menunjukkan hasil yang mendekati satu atau sangat berhubungan. Sudut regresi metode SCS variasi didapatkan sudut 38° , pada waktu naik $36,5^\circ$ dan waktu resesi $38,6^\circ$. Metode Nash variasi mendapatkan $40,1^\circ$ untuk satu data hidrograf, $40,6^\circ$ untuk waktu naik dan $43,3^\circ$ untuk waktu turun.

Kata Kunci: Hidrograf Satuan Sintetik, Sungai Code, *SCS*, *Nash*, R^2 .

Abstract

Water construction developments are increasing over time with the aim of preventing floods, raising water levels, and helping water resource management. However, in the planning process, debit data for 20 years is very difficult to obtain. Therefore, there is a Synthetic Unit Hydrograph (SUH) method to help analyze without using rainfall data and only using watershed characteristics for hydrological analysis. In this study, we will analyze the synthetic unit hydrograph parameters using the Nash and Soil Conservation Service (SCS) methods and compare them with data from the Gemawang AWLR in the Code River sub-watershed. A comparison was made to find out which method is suitable for the Code River sub-watershed at the AWLR Gemawang station. The suitability index or R^2 of the two methods shows results that are close to one or very related. The regression angle of the variation SCS method obtained an angle of 38° , at the time of rising 36.5° and at recession time of 38.6° . The Nash variation method gets 40.1° for one hydrograph data, 40.6° for rising time and 43.3° for descending time.

✉ Alamat korespondensi:

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta, Jl. Brawijaya, Geblagan, Tamantirto, Kec. Kasihan,
Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183
E-mail: puji_hr@umy.ac.id

ISSN 2527-7073

PENDAHULUAN

Perkembangan bangunan keairan seperti waduk, bendung, dan bangunan pengendali banjir di Indonesia seiring berjalannya waktu semakin meningkat. Tujuan pembangunan keairan ini antara lain untuk mencegah datangnya banjir, menaikkan elevasi muka air, dan sebagai sarana bantuan manajemen sumber daya keairan. Perencanaan bangunan harus baik agar konstruksinya dapat berfungsi optimal, akan tetapi membutuhkan data debit berdurasi minimal 20 tahun. Menurut [1], permasalahan kurangnya ketersediaan data debit sering dijumpai pada perencanaan hidrologi. Data curah hujan didapatkan melalui alat *Automatic Rainfall Recorder (ARR)* yang memerlukan waktu relatif lama untuk mendapatkan hasil yang akurat. Selain *ARR* alat yang bisa digunakan yaitu *Tropical Rainfall Measuring (TRMM)* atau sensor satelit buatan *The National Aeronautics Space Administration (NASA)* dan *Japan Aero Exploration Agency (JAXA)* yang mampu mencatat data hujan dalam kurun waktu harian hingga bulanan, akan tetapi ketersediaan alat yang masih belum tersebar menjadi kendala dalam mendapatkan data curah hujan. Maka dari itu alternatif yang lebih mudah adalah dengan menggunakan alat *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* yang dapat mengukur dan mencatat elevasi muka air pada sungai secara terus menerus (real-time). Hasil dari pengukuran *AWLR* mampu untuk membuat hidrograf antara elevasi muka air dengan waktu. Selain itu, penggunaan metode Hidrograf Satuan Sintetik adalah salah satu solusi karena data yang digunakan hanya menggunakan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS).

Pada sub DAS Sungai Code Hulu di Stasiun *AWLR* Gemawang, dilakukan analisa parameter Hidrograf Satuan Sintetik dengan metode *Nash* dan *Soil Conservation Service (SCS)*. Analisa tersebut akan dibandingkan dengan data *AWLR* Gemawang yang bertujuan mencari metode HSS yang sesuai dengan Sub DAS Sungai Code Hulu.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian [2] menganalisa kondisi dari limpasan yang sesungguhnya dengan perbandingan metode *SCS* dengan yang rasional. Tujuan dari peneliti yaitu memberikan perbandingan debit limpasan yang lebih mendekati dengan kondisi di lapangan. Hidrograf metode

SCS akan menghasilkan debit puncak yang mendekati dengan kondisi di lapangan karena pada perhitungan debit limpasan lebih detail daripada metode rasional. Pada metode SCS lebih unggul karena dalam mempertimbangkan kondisi tanah pada lapangan menggunakan *curve number* (CN).

Sama halnya dengan penelitian dari [3] yang membandingkan hidrograf satuan sintetik metode SCS (*HEC-HMS*) dan Hidrograf satuan Sintetik Gama I dengan Hidrograf Satuan Terukur (HST). Metode HSS SCS (*HEC-HMS*) dan metode HSS Gama 1 dianalisis dan dibandingkan dengan HST yang merupakan metode dengan menggunakan data primer lapangan. Hasil dari kedua metode HSS, metode HSS SCS (*HEC-HMS*) lebih mendekati Hidrograf Satuan Terukur (HST) dibandingkan dengan metode HSS Gama 1.

Penelitian [4] juga membandingkan keakuratan empat metode HSS yang sudah diterapkan pada DAS yang telah ditinjau sebelumnya. Metode yang ditinjau yaitu metode Snyder, SCS, Gama 1, dan *Nakayasu* dengan melihat bentuk hidrograf, nilai HDRO atau rasio volume, dan kontrol volume. Hasil dari keempat metode ini didapatkan nilai control volume HSS SCS dan *Nakayasu* dari hasil perhitungan yaitu nilai toleransi kesalahannya menunjukkan angka 0,1 % - 2,6 % dimana nilai toleransi kesalahan yang diterima adalah lebih kecil dari 5% berbeda dengan 3 metode lain yang menunjukkan angka lebih besar dari 5%. Nilai volume yang didapatkan dari kedua metode ini hampir sesuai dengan nilai volume observasi yang berarti semakin hasil nilai toleransi hampir mendekati 0 maka, pemodelan semakin baik untuk dilakukan.

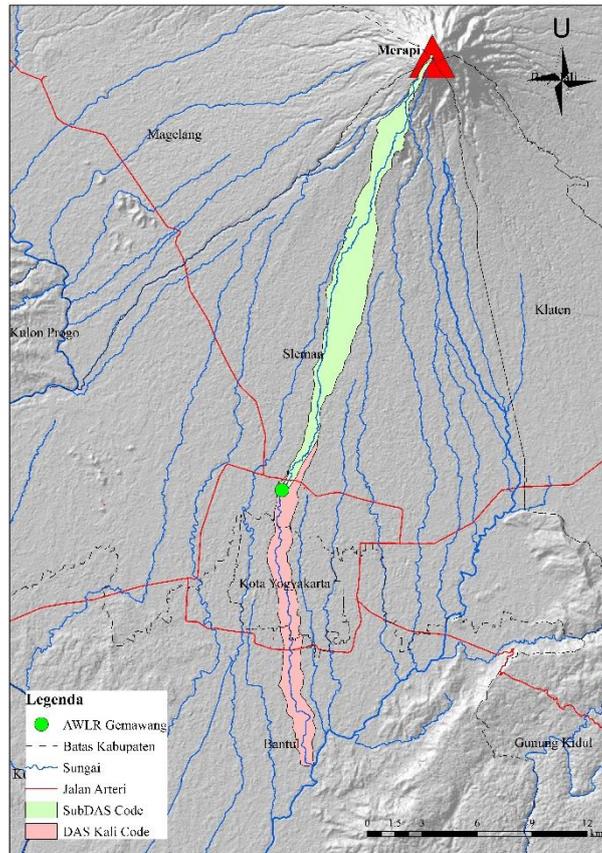
[5] melakukan penelitian untuk menentukan metode hidrograf yang sesuai pada DAS Cisadane dengan menggunakan perbandingan kurva Hidrograf Terukur dengan Hidrograf Satuan Sintetik metode *Snyder* dan SCS. Selain itu, penelitian dari [5] bertujuan mengetahui karakteristik DAS Cisadane menggunakan pemodelan *HEC-GeoHMS*. Berdasarkan pola bentuk hidrograf banjir pada sub-DAS yang mengalami aliran pada permukaan besar mengakibatkan debit banjir yang cenderung tinggi. Hal tersebut mengakibatkan kurva pada hidrograf naik dengan tajam, memiliki debit puncak tinggi serta penurunan yang relatif cepat. Oleh sebab itu, HSS yang sesuai dengan sub-DAS ialah *Snyder* karena dianggap lebih mendekati daripada HSS SCS yang memiliki nilai puncak, waktu, dan volume aliran lebih tinggi dari *Snyder*.

METODE

Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Daerah Aliran Sungai Code yang terletak di Kabupaten Sleman seperti Gambar 1 dan ditinjau pada stasiun *AWLR* Gemawang yang terletak di Pogung Rejo, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta seperti pada Gambar 2. Data penelitian menggunakan data *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* yang dicatat secara (*real-time*) dengan rentang waktu

2015 sampai 2017 yang meliputi data elevasi atau ketinggian muka air sungai beserta waktu. Durasi waktu yang dipilih berdasarkan ketersediaan data pada stasiun *AWLR* Gemawang.



Gambar 1. Peta lokasi stasiun *AWLR* Gemawang dalam sub-DAS Code Hulu

Data Pengukuran *AWLR*

Menurut [6], data *AWLR* sangat dibutuhkan karena bisa merekam ketinggian air pada suatu tempat. Data Pengukuran elevasi muka air stasiun *AWLR* Gemawang yang diubah menjadi data debit melalui persamaan yang didapat dari hasil *rating curve* seperti pada Persamaan 1.

$$q(t) = 10,861(h^{1,7672}) \quad (1)$$

Dimana:

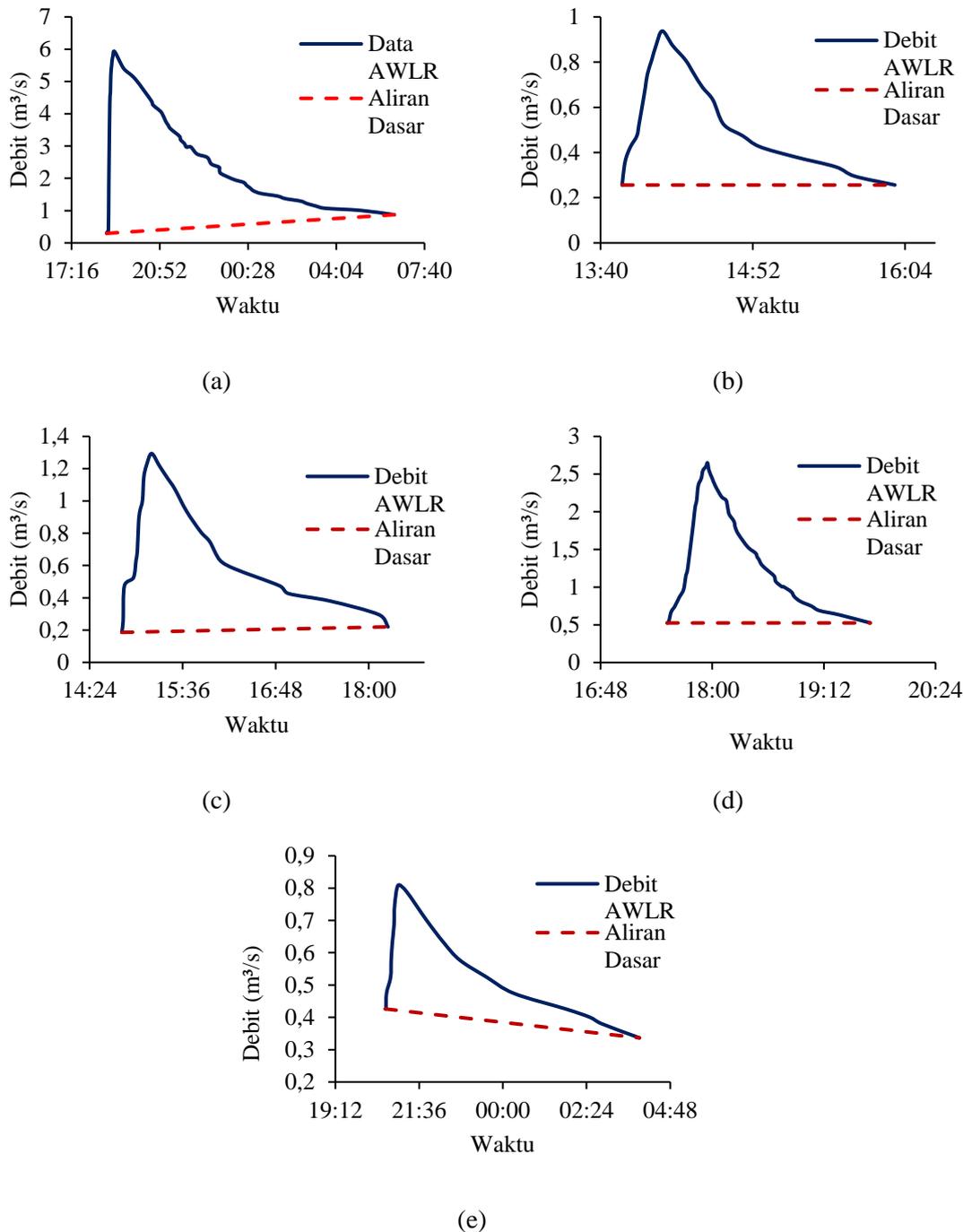
$$q(t) = \text{debit dalam (m}^3/\text{s)}$$

$$h = \text{tinggi muka air (m)}$$

Aliran Dasar

Menurut [7], adalah pemasok terakhir air untuk sungai bawah tanah jika komponen aliran pada sumber lain tidak ada lagi selama musim kemarau. Pemasukan utama dalam aliran dasar menggunakan debit total yang akan dipisahkan menjadi debit limpasan langsung. Pemisahan aliran dasar menggunakan metode yang paling umum digunakan yaitu metode garis lurus

(*straight line method*). Hidrograf aliran hasil dari konversi data AWLR dan aliran dasar ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Debit aliran terukur dan aliran dasar tanggal (a) 17 Desember s/d 18 Desember 2015, (b) 19 Januari s/d 20 Januari 2016, (c) 21 Januari s/d 22 Januari 2016, (d) 15 Juli s/d 16 Juli 2016, dan (e) 16 Juli s/d 17 Juli 2016

Identifikasi Karakteristik Sub-DAS Code Hulu

Menurut [8], peta topografi merupakan peta yang mempunyai informasi mengenai ketinggian permukaan tanah di suatu wilayah terhadap permukaan laut, yang diinterpretasikan dengan garis garis kontur. Menurut [9], karakteristik fisik utama DAS adalah area, bentuk, ketinggian, kemiringan, orientasi, jenis tanah, jaringan saluran, kapasitas penyimpanan air dan tutupan lahan. Pada Tabel 1 ditampilkan hasil yang diperoleh dalam identifikasi melalui software *ArcMap 10.3*.

Tabel 1. Identifikasi Sub-DAS Code Hulu

No	Karakteristik	Nilai
1	Panjang sungai utama	27,44 km
2	Luas sub-DAS	24,76 km ²
3	<i>Slope</i> sub-DAS	0,094

Hidrograf

Hidrograf adalah kurva hubungan anatar debit aliran atau muka air dengan waktu menurut [10]. Menurut [11], hidrograf satuan merupakan desain hidrologi yang paling banyak digunakan. Metode metode dari hidrograf satuan bermacam macam salah satunya hidrograf satuan sintetik (HSS), hidrograf satuan buatan yang diturunkan berdasarkan karakteristik dari Daerah Aliran Sungai (DAS).

HSS Metode *Soil Conservation Service (SCS)*

Perkembangan hidrograf SCS melalui analisis sejumlah besar hidrograf satuan pada data lapangan dengan berbagai ukuran DAS menurut [12]. Pada penelitian ini parameter HSS metode SCS dianalisis untuk mengetahui kesesuaian terhadap sub DAS Code Hulu.. Berikut Persamaan 2 hingga 6 dari HSS *SCS*.

$$Q_P = \frac{CA}{T_P} \quad (2)$$

$$t_P = 0,6T_C \quad (3)$$

$$T_C = 0,01947L^{0,77}S^{-0,385} \quad (4)$$

$$T_P = \frac{t_r}{2} + t_P \quad (5)$$

$$T_B = 2,67T_P \quad (6)$$

Dimana:

Q_P = debit puncak hidrograf satuan (m³/s)

C = konstanta = 2,08

A = luas DAS (km²)

T_C = waktu konsentrasi (jam)

t_P = waktu kelambatan atau *lag time* (jam)

T_P = waktu naik hidrograf (jam)

T_B = waktu dasar (jam)

Dengan Tabel 2 sebagai acuan koordinat hidrograf SCS.

Tabel 2. Koordinat Hidrograf Satuan Tak Berimensi SCS

t/T_P	Q/Q_P	t/T_P	Q/Q_P	t/T_P	Q/Q_P
0	0	1.1	0.99	2.4	0.147
0.1	0.03	1.2	0.93	2.6	0.107
0.2	0.1	1.3	0.86	2.8	0.077
0.3	0.19	1.4	0.78	3	0.055
0.4	0.31	1.5	0.68	3.2	0.04
0.5	0.47	1.6	0.56	3.4	0.029
0.6	0.66	1.7	0.46	3.6	0.021
0.7	0.82	1.8	0.39	3.8	0.015
0.8	0.93	1.9	0.33	4	0.011
0.9	0.99	2	0.28	4.5	0.005
1	1	2.2	0.207	5	0

HSS Metode Nash

Selain SCS, metode *Nash* juga digunakan pada penelitian ini. Berikut Persamaan 7 & 8 dari HSS *Nash* [13].

$$q(t) = \frac{1}{(n-1)!K} \left(\frac{t}{K}\right)^{n-1} e^{-t/K} \quad (7)$$

$$Q(t) = 2.778 \frac{1}{\Delta t} q(t)A \quad (8)$$

Dimana:

$q(t)$ = debit satuan Nash (m³/s)

t = waktu (jam)

n = jumlah reservoir linier berdimensi

K = koefisien penyimpanan dalam satuan waktu

$Q(t)$ = hidrograf satuan (m³/s)

Δt = interval waktu (jam)

A = luas DAS (km²)

Variasi dan Kalibrasi HSS

Variasi dan kalibrasi dilakukan dengan mengubah salah satu atau lebih persamaan atau parameter HSS pada kedua metode yang digunakan pada penelitian ini. Variasi dilakukan dengan melakukan trial and error yang dicoba satu atau lebih pada parameter HSS satu persatu atau bersamaan. Setelahnya memilih variasi yang cocok dan dibandingkan dengan hidrograf aliran *AWLR*.

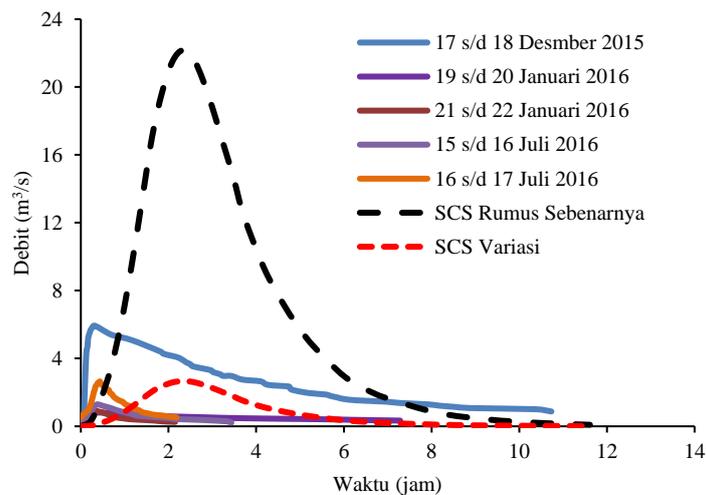
Indeks Kesesuaian

Pada penilaian kualitas dalam bentuk regresi linier berganda, R^2 merupakan suatu alat sederhana yang biasanya digunakan oleh praktisi menurut [14]. Analisis indeks kesesuaian atau R^2 dengan menyajikan debit model HSS metode *SCS*, *Nash*, dan metode hidrograf aliran debit *AWLR* dalam kurun waktu yang sama yang dimasukkan kedalam grafik yang menghasilkan garis regresi. R^2 yang mendekati 1 semakin baik hubungannya. Garis regresi R^2 yang baik akan membentuk 45° dengan sumbu x dan sumbu y memiliki panjang yang sama akan menghasilkan angka 1. Jika hasil dari pengujian mendapatkan garis regresi mendekati sudut 45° maka sama saja hasil mendekati 1 dan bisa digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Hidrograf Banjir Metode SCS

Hasil dari analisis ini adalah perbandingan antara hasil hidrograf banjir metode *SCS* rumus sebenarnya, variasi, dengan hidrograf banjir *AWLR*. Hasil ditampilkan pada Gambar 12.

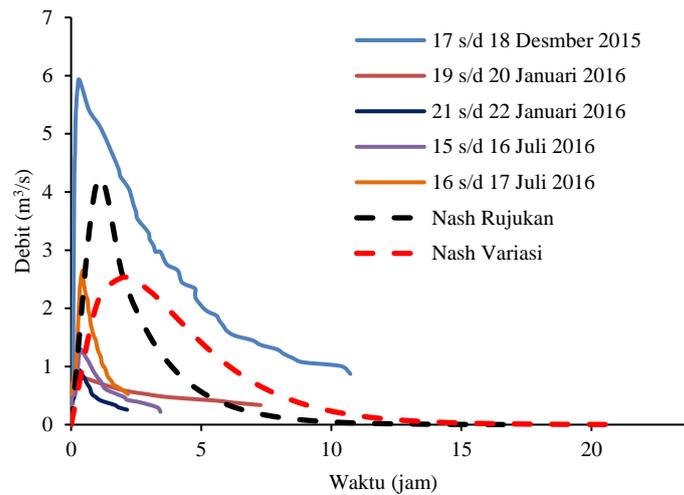


Gambar 3. Perbandingan Hidrograf Banjir Metode *SCS* dan *AWLR*

Dari grafik pada Gambar 13, debit puncak metode *SCS* dari rumus sebenarnya cenderung lebih besar, melebihi debit puncak observasi. Sedangkan debit puncak metode *SCS* dari rumus yang divariasi mendekati nilai debit puncak observasi pada tanggal 16 s/d 17 Juli 2016.

Hasil Analisis Hidrograf Banjir Metode Nash

Hasil dari analisis ini adalah perbandingan antara hasil hidrograf banjir metode *Nash* rujukan, variasi, dengan hidrograf banjir *AWLR*. Hasil ditampilkan pada Gambar 13.



Gambar 4. Perbandingan Hidrograf Metode *Nash* dan *AWLR*

Dari grafik pada Gambar 14, debit puncak metode *Nash* dari rumus yang divariasi mendekati nilai debit puncak observasi pada tanggal 16 s/d 17 Juli 2016.

Hasil Sudut Regresi dan R^2

Pada penelitian ini kesesuaian hidrograf akan dibuktikan dengan R^2 dan besar sudut regresi yang terbentuk. Berikut akan ditampilkan pada Tabel 3 s/d 6 sudut regresi dan R^2 metode *SCS* dan pada Tabel metode *Nash*.

Tabel 3. Sudut dan R^2 metode *SCS*

Waktu	Sudut (derajat)		R^2	
	Rumus asli	Variasi	Rumus asli	Variasi
17 s/d 18 Des 2015	12,6	61,2	0,96	0,96
19 s/d 20 Jan 2016	1	8,4	0,9	0,9
21 s/d 22 Jan 2016	1,8	13,9	0,98	0,98
15 s/d 16 Jul 2016	2,9	21,4	0,99	0,99
16 s/d 17 Jul 2016	5,5	38	0,99	0,99

Tabel 4. Sudut dan R² metode SCS waktu naik dan waktu turun

Waktu	Sudut (derajat)				R ²	
	Rumus asli		Variasi		Rumus asli	Variasi
	Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun
17 s/d 18 Des 2015	12,4	11,1	61,5	57,5	0,71	1
19 s/d 20 Jan 2016	1	1,2	9,2	8,8	1	1
21 s/d 22 Jan 2016	2	1,5	13,7	13,7	19,8	1
15 s/d 16 Jul 2016	3,2	2,7	23,4	19,8	1	1
16 s/d 17 Jul 2016	5,7	5,4	36,5	38,6	0,97	1

Tabel 5. Sudut dan R² metode Nash

Waktu	Sudut (derajat)		R ²	
	Rujukan	Variasi	Rujukan	Variasi
17 s/d 18 Des 2015	51,5	63,6	0,95	0,96
19 s/d 20 Jan 2016	5,8	10	0,95	0,95
21 s/d 22 Jan 2016	9	14,5	0,97	0,97
15 s/d 16 Jul 2016	14,9	22,7	0,99	0,99
16 s/d 17 Jul 2016	27,3	40,1	0,96	0,97

Tabel 6. Sudut dan R² metode Nash waktu naik dan waktu turun

Waktu	Sudut (derajat)				R ²	
	Rujukan		Variasi		Rujukan	Variasi
	Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun
17 s/d 18 Des 2015	52,2	49,8	65	62	0,96	1
19 s/d 20 Jan 2016	5,6	6,6	8,4	9,7	1	1
21 s/d 22 Jan 2016	8,9	10,5	14,8	15,6	0,97	1
15 s/d 16 Jul 2016	14,6	15,3	23,9	23,3	0,97	1
16 s/d 17 Jul 2016	26,4	30,9	40,6	43,3	1	1

Pada tabel menampilkan banyak sudut yang tidak mendekati 45° yang artinya bahwa bentuk dari hidrograf baik satu grafik hidrograf maupun waktu turun dan naik tidak ada kesesuaian dengan grafik hidrograf AWLR. Sedangkan, sudut yang mendekati 45° memiliki kesesuaian bentuk pada grafik hidrograf baik waktu turun dan waktu naik.

Berdasarkan kesesuaian bentuk, model SCS yang di variasikan pada tanggal 16 sampai dengan 17 Juli 2016 mendekati sudut 45° yaitu 38,6° artinya bentuk hidrograf mendekati sesuai dengan hidrograf AWLR. Untuk waktu naik dan waktu turun baik pada rumus sebenarnya dan variasi pada tanggal tersebut didapatkan waktu naik 36,5° dan waktu turun 38,6°.

Model Nash yang menunjukkan bentuk hidrograf yaitu dengan model Nash variasi yang menunjukkan sudut 43,3 ° pada tanggal 17 sampai dengan 18 Desember 2015. Pada tanggal tersebut hidrograf Nash dengan rujukan memiliki bentuk hidrograf yang sesuai dengan hidrograf

banjir dari data *AWLR*. Sedangkan, untuk waktu naik dan waktu turun tanggal 17 sampai dengan 18 Desember 2015 dengan metode Nash variasi memiliki sudut $40,6^\circ$ untuk waktu naik dan $43,3^\circ$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa parameter Hidrograf Satuan Sintetik metode *Nash* dan *Soil Conservation Service (SCS)* dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Berdasarkan indeks kesesuaian atau R^2 seluruh model hidrograf satuan sintetik sesuai dengan data *AWLR* karena menunjukkan angka mendekati satu hingga angka 1.
- b. Dari perbandingan antara R^2 dan sudut regresi untuk kesesuaian bentuk hidrograf maka metode *Nash* dengan variasi dapat diaplikasikan pada sub DAS Code Hulu karena memenuhi syarat kesesuaian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Harsanto, J. Ikhsan, and B. Alamsyah, "Model Hidrograf Banjir NRCS CN Modifikasi", *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*, Vol. 3, Aug. 2015.
- [2] R.T. Palar, L. Kawet, E.M. Wuisan, and H. Tangkudung, "Studi perbandingan antara hidrograf SCS (soil conservation service) dan metode rasional pada DAS Tikala", *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 3, pp. 171-176, 2013.
- [3] D.I. Kusumastuti and D.J. Winarno, "Analisis Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dan SCS (HEC-HMS) dengan Hidrograf Satuan Terukur di Sungai Way Besai", *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, Vol. 7, No. 1, pp. 103-112, 2019.
- [4] T.S. Budi, A. Hendri, and M. Fauzi, "Kesesuaian Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Berdasarkan Karakteristik Daerah Aliran Sungai di Wilayah Sungai Indragiri-Akuaman", *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, Vol. 4, No. 2, pp. 1-13, 2017.
- [5] E.E. Alhakim, A.B. Wicaksono, and E.R. Iswanto, "Perbandingan Hidrograf Satuan Sub-DAS Cisadane untuk Analisis Banjir Tapak RDNK Serpong", *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, Vol. 21, No. 2, pp. 97-104, 2020.
- [6] J. Windarto, "Flood early warning system develop at garang river Semarang using information technology base on SMS and Web", *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 14-28, 2010.
- [7] T. N. Adji, "Pemisahan Aliran Dasar Bagian Hulu Sungai Bribin pada Aliran Gua Gilap, di Kars Gunung Sewu, Gunung Kidul, Yogyakarta", *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 6, No. 3, pp. 165-175, 2011.
- [8] S. Rostianingsih, I. Handoyo, and K. Gunadi, "Pemodelan peta topografi ke objek tiga dimensi", *Jurnal Informatika*, Vol. 5, No. 1, pp. 14-21, 2004.
- [9] A.B. Safarina, "Modified Nakayasu synthetic unit hydrograph method for meso scale ungauged watersheds", *International Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 2, No. 4, pp. 649-654, 2012.
- [10] N.R. Oktarina, "Analisis hidrograf limpasan akibat variasi intensitas hujan dan kemiringan lahan (kajian laboratorium dengan simulator hujan)", *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol. 3, No. 1, pp. 718-725, 2015.
- [11] U. Agirre, M. Goni, J. López, and F. Gimena, "Application of a unit hydrograph based on subwatershed division and comparison with Nash's instantaneous unit hydrograph", *Catena*, Vol. 64, No. 2-3, pp. 321-332, 2005.

- [12] D. Abdaa, and N.E. Darfia, “Analisis Debit Banjir Rencana DAS Ambacang Berdasarkan Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu dan Metode SCS”, *Prosiding SNAST 2021*, Vol. 1, Mar. 2021.
- [13] J. Nash, “The form of the instantaneous unit hydrograph”, *International Association of Scientific Hydrology, Publ*, Vol. 3, pp. 114-121, 1957.
- [14] O. Renaud, and M.P. Victoria-Feser, “A robust coefficient of determination for regression”, *Journal of Statistical Planning and Inference*, Vol. 140, No. 7, pp. 1852-1862, 2010.