

Analisis Model Transformasi Hujan-Aliran pada DAS Kali Lamong dengan HEC-HMS

Muhammad Yusri Maulana Ikhsan^{1,*}, Nadjadji Anwar¹, Mahendra Andiek Maulana¹

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: yus.mau97@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	02 Juli 2021	<i>Rainfall and runoff is a natural phenomenon related to which rain is one of the causes of water flow on the surface of the soil. In the process of the occurrence of rainfall into the flow there are many influential parameters such as high rainfall, soil characteristics and land cover. The chosen location is Kali Lamong watershed because the Lamong River watershed has untapped water potential and also the rainy season often floods. In the manufacture of rain-flow model the method used is SCS curve number with HEC-HMS assistive program. After the rainfall-runoff modeling results from the simulation will be compared with the observation discharge available on AWLR Boboh to find out the reliability of the model that has been made. Based on the results of the 2011 rainfall data modeling, the maximum discharge was 223,9 m³/s which occurred on March 25, 2011 while for the observed discharge the maximum discharge was 425,28 m³/s which occurred on March 27, 2011 so that the accuracy of the model with the NSE method was 0,5961 the results were quite good although the model calculation still indicates a value underestimates from observational data.</i>
Diperbaiki	14 Agustus 2021	
Disetujui	15 Agustus 2021	

Keywords: Kali Lamong Watershed, Rainfall-runoff, SCS Curve Number, HEC HMS, NSE.

Abstrak
Hujan dan aliran merupakan sebuah fenomena alam yang berkaitan dimana hujan merupakan salah satu penyebab terjadinya aliran air dipermukaan tanah. Dalam proses terjadinya hujan menjadi aliran terdapat banyak parameter yang berpengaruh seperti tinggi curah hujan, karakteristik tanah dan tutupan lahan. Lokasi yang dipilih adalah DAS Kali Lamong dikarenakan pada DAS Kali Lamong memiliki potensi air yang belum dimanfaatkan dan juga waktu musim penghujan sering terjadi banjir. Dalam pembuatan model hujan-aliran metode yang digunakan adalah SCS *curve number* dengan program bantu HEC-HMS. Setelah dilakukan pemodelan hujan-aliran hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan debit observasi yang tersedia pada AWLR Boboh untuk mengetahui tingkat akurasi dari model yang telah dibuat. Berdasarkan hasil pemodelan data hujan tahun 2011 didapatkan debit maksimum 223,9 m³/s yang terjadi pada tanggal 25 Maret 2011 sedangkan untuk debit observasi debit maksimum 425,28 m³/s yang terjadi pada 27 Maret 2011 sehingga didapat akurasi model dengan metode NSE sebesar 0,5961. Hasil yang cukup baik meskipun secara perhitungan model masih menunjukkan nilai yang dibawah perkiraan dari data observasi.

Kata kunci: DAS Kali Lamong, hujan-debit, SCS Curve number, HEC HMS, NSE

1. Pendahuluan

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi. Penerapan ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam beberapa kegiatan seperti perencanaan dan operasi bangunan air, penyediaan air untuk berbagai keperluan (Air bersih, irigasi) dan banyak lainnya. Ilmu hidrologi lebih banyak didasarkan pada pengetahuan empiris daripada teoritis [1].

Analisis hidrologi sangat berperan penting dalam perencanaan suatu dimensi bangunan air terkait dengan debit yang akan melewati bangunan air tersebut sehingga dapat direncanakan dimensi dan umur bangunan air tersebut. Analisis hidrologi yang dimaksud adalah proses perubahan dari hujan yang turun pada suatu wilayah menjadi aliran permukaan pada suatu titik outlet. Hasil dari analisis hidrologi berupa debit banjir yang berguna dalam penentuan dimensi bangunan

yang akan dibangun dan akan berdampak pada tingkat keandalan dari bangunan [2].

Proses perubahan dari hujan menjadi aliran permukaan merupakan sebuah proses yang sangat rumit dikarenakan banyak faktor yang berpengaruh seperti curah hujan dan kondisi DAS sebagai media transformasi. Faktor curah hujan tergantung pada intensitas hujan, lama hujan dan sebaran hujan. Untuk faktor DAS meliputi kondisi tutupan lahan, karakteristik jaringan sungai, topografi dan jenis tanah. Dari banyaknya faktor yang ikut andil dalam proses transformasi hujan-aliran sehingga menemui kesulitan dalam analisis transformasi hujan-aliran oleh sebab itu maka tidak semua faktor dimodelkan [3].

Perhitungan analisis transformasi hujan-aliran dapat tidak dilakukan apabila data debit pada suatu titik *outlet* tersedia

dengan baik. Namun di lapangan banyak dijumpai data debit pada suatu sungai tidak tersedia sama sekali ataupun tersedia dalam rentang data yang pendek [4].

Pemodelan hujan-aliran merupakan salah satu upaya untuk dapat mengetahui nilai-nilai parameter hidrologi yang terjadi di lapangan. Hasil dari pemodelan juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui potensi sumber daya air pada suatu wilayah DAS. Model dari hujan-aliran juga dapat dimanfaatkan sebagai *early warning system* seperti apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi maka dapat diketahui kapan akan tiba debit banjirnya.

DAS Kali Lamong sendiri memiliki potensi air permukaan yang cukup melimpah sebesar 271,63 Juta m³ berdasarkan pola PSDA Bengawan solo [5]. Dan juga beberapa kasus juga terjadi pada DAS Kali Lamong seperti banjir dan kekeringan. salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah membuat model hidrologi hujan-aliran pada DAS Kali Lamong untuk dapat mengetahui parameter-parameter hidrologi yang terjadi di lapangan. Dalam upaya pembuatan model ini belum mempertimbangkan pengaruh pengambilan air seperti untuk air bersih dan air irigasi dikarenakan keterbatasan data yang dimiliki.

2. Metode

langkah-langkah dan metode yang akan digunakan dalam analisis ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

A. Analisis Data

Dalam pembuatan model diperlukan data-data pendukung seperti data DEMNAS, data curah hujan, data debit observasi, data tutupan lahan dan data jenis tanah. Dalam pembuatan batas-batas DAS akan memanfaatkan data DEM yang diolah untuk mendapatkan aliran sungai dan batas-batas daerah aliran sungainya.

Data curah hujan yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis berupa perhitungan curah hujan wilayah dengan metode polygon thiessen. Apabila ada kehilangan data hujan pada suatu periode tertentu perlu dilakukan perhitungan perbaikan data dengan metode *reciprocal* dan selanjutnya dilakukan uji konsistensi dengan metode *double mass curve*.

Data debit observasi didapatkan dari pengukuran secara langsung dilapangan, kondisi di DAS Kali Lamong terdapat *automatic water level recorder* (AWLR) di Stasiun boboh. Data yang didapat dari stasiun boboh berupa data elevasi muka air sehingga perlu melakukan perhitungan *rating curve* agar diketahui besaran debit yang keluar. Setelah dilakukan korelasi antara data muka air dengan *rating curve* akan didapatkan hidrograf observasi. Fungsi dari hidrograf observasi adalah sebagai data untuk kalibrasi model transformasi hujan-debit. Data tutupan lahan dan data jenis tanah untuk

digunakan sebagai perhitungan untuk parameter metode transformasi hujan-aliran dengan *SCS curve number*.

B. Metode *SCS curve number*

Metode yang dikembangkan oleh *U.S. Soil Conservation Service* atau metode *SCS* paling banyak dimanfaatkan. Metode *SCS* berusaha mengaitkan berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti jenis tanah, vegetasi dan tutupan lahan [6]. Model perhitungan limpasan ada pada persamaan 1 dan 2 [7]:

$$Pe = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \quad (1)$$

$$Ia = 0,2 \times S \quad (2)$$

dengan:

Pe	:	hujan kumulatif pada waktu t (<i>precipitation excess</i>)
P	:	kedalaman hujan kumulatif pada waktu t
Ia	:	kehilangan mula-mula (<i>initial abstraction</i>)
S	:	kemampuanpenyimpanan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwakili oleh nilai CN (*Curve Number*) seperti pada persamaan 3 dan 4.

$$S = \frac{1000-10 \text{ CN}}{\text{CN}} \text{ (english unit)} \quad (3)$$

$$S = \frac{25400-254 \text{ CN}}{\text{CN}} \text{ (SI)} \quad (4)$$

Dengan:

S	:	Parameter retensi
CN	:	<i>Curve number</i>

Nilai dari CN (*Curve Number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi). Nilai CN dari DAS diperkirakan sebagai suatu fungsi dari tata guna lahan, tipe tanah, tanaman penutup, kelembapan dan cara pengerjaan tanah telah dikelompokkan oleh SCS menjadi empat dengan notasi A, B, C dan D. Dikarenakan pada suatu wilayah tidak hanya terdapat satu jenis tanah dan tutupan lahan maka perlu dilakukan perhitungan CN rata-rata. Untuk menghitung Nilai CN rerata dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$CN \text{ Composite} = \frac{\sum Ai \text{ CNi}}{\sum Ai} \quad (5)$$

Dengan:

CN Composite	:	CN (nilai penggunaan lahan) komposit
A	:	luas daerah subDAS

Hidrograf SCS dapat digunakan dengan mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu lag yaitu tenggang waktu (*lag time*) antara titik berat hujan efektif dengan titik

berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air. Tenggang waktu (*lag time*) dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan 6 dan 7 [8].

$$t_c = \frac{L^{0.8} \left(\left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) + 10 \right)^{0.7}}{1900 y^{0.5}} \quad (6)$$

$$t_{lag} = 0,6 \times t_c \quad (7)$$

dengan:

- L : Panjang sungai
- CN : *Curve number*
- Y : Kemiringan sungai (%)
- t_{lag} : Tenggang waktu (jam)
- t_c : Waktu konsentrasi

C. Pemodelan HEC-HMS

Dalam pemodelan hidrograf akan lebih cepat dengan bantuan perangkat lunak. Perangkat lunak yang sangat sering digunakan dalam pemodelan hidrologi adalah HEC-HMS. Program HEC-HMS merupakan program yang baik dan mudah dalam menyelesaikan perhitungan debit banjir yang bersumber dari data series hujan pada stasiun dan kurun waktu tertentu.

Dalam pembuatan model dengan HEC-HMS ada beberapa tahapan seperti *basin model*, *meteorologic model*, *control specification*, dan *run manager*. *Basin model* merupakan penggambaran DAS dan elemen-elemennya. Pada *basin model* tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi yang ada pada HEC-HMS yang mewaliki respon DAS terhadap presipitasi adalah *sub-basin*, *reach*, *junction*, *source*, *sink*, *reservoir* dan *diversion*. Dalam sebuah DAS tidak harus ada dari 7 elemen tersebut, tergantung dengan karakteristik DAS. Pada penelitian ini hanya menggunakan element *subbasin*, *reach*, *junction* dan *sink*. *Meteorologic model* merupakan masukan data curah hujan efektif dapat berupa data hujan harian atau jam-jaman. Desain *hyetograph* harus didasarkan pencatatan kejadian hujan nyata. *Control specification* sebagai input interval waktu lama terjadi hujan. *Run manager* digunakan untuk mendapatkan hasil simulasi.

D. Kalibrasi

Untuk mengetahui kinerja dari model, selanjutnya dilakukan kalibrasi model. Data yang dibandingkan adalah debit simulasi dengan debit observasi [9]. Kalibrasi model dilakukan dengan mengubah parameter, pada penelitian ini parameter yang dicoba-coba adalah nilai *curve number*, *initial abstraction*, *Imperviuous* dan koefisien manning. Hasil dari kalibrasi diharapkan mengetahui bagaimana model yang da-

pat menginterpretasikan sesuai dengan kondisi lapangan. Untuk kinerja model dievaluasi menggunakan NSE (*Nash Sutcliffe Efficiency*) perhitungan NSE seperti pada persamaan 8.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (Q_s(t) - Q_o(t))^2}{\sum_{t=1}^N (Q_s(t) - \bar{Q}_o)^2} \quad (8)$$

Dimana:

- $Q_s(t)$: Debit Simulasi
- $Q_o(t)$: Debit observasi
- \bar{Q}_o : Debit observasi rata-rata
- N : Jumlah data

Indikator statistik yang paling utama dalam menentukan keakurasian model dengan NSE. Indikator ini dirasa cukup untuk mengevaluasi kinerja hasil model dengan data observasi. NSE memiliki range antara $-\infty$ sampai dengan 1, NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang terdapat pada **Tabel 1** [10].

Tabel 1 Hubungan antara Nilai NSE terhadap Interpretasi Model.

Nilai NSE (<i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i>)	Interpretasi Model
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memuaskan
$NSE < 0,36$	Kurang Memuaskan

3. Hasil dan Pembahasan

A. Lokasi Studi

DAS Kali Lamong secara administrasi terletak pada 4 Kabupaten/Kota, Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Mojokerto pada daerah hulu DAS sedangkan untuk daerah hilir berada pada Kabupaten Gresik dan Kota Surabaya dan dengan bermuara di selat Madura. DAS Kali Lamong memiliki luas DAS $\pm 720 \text{ km}^2$ dan dengan panjang alur sungai $\pm 103 \text{ km}$. Pada pembahasan penelitian ini luas DAS yang diteliti sekitar $504,41 \text{ km}^2$ karena disesuaikan dengan lokasi dari A-WLR Boboh. Lokasi peta batas DAS Kali Lamong dapat dilihat pada **Gambar 1**.

B. Analisis Curah Hujan Wilayah

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun hujan yang mewakili luasan disekitarnya. Hasil analisis pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa stasiun hujan Mantup memiliki pengaruh yang terbesar pada DAS Kali Lamong yaitu bobot sebesar 0,2249 dan stasiun hujan Kedung Adem memiliki pengaruh yang kecil pada DAS Kali Lamong yaitu dengan bobot sebesar 0,0002.



Gambar 1 Peta lokasi DAS Kali Lamong
 Sumber: Google Earth

Tabel 2 Perhitungan curah hujan wilayah

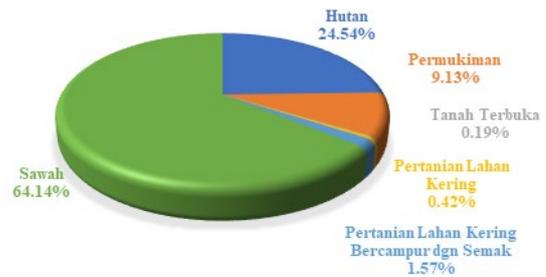
Stasiun Hujan	Luasan (km ²)	Bobot
Balongpanggung	61,83	0,1226
Benjeng	44,88	0,0890
Bluluk	5,36	0,0106
Cerme	1,58	0,0031
Kabuh	14,12	0,0280
Kedung Adem	0,11	0,0002
Kendung	26,52	0,0526
Krikilan	2,34	0,0046
Mantup	113,45	0,2249
Menganti	41,90	0,0831
Mernung	23,93	0,0474
Ngimbang	35,93	0,0712
Pule Kidul	78,84	0,1563
Waduk Sempal	8,65	0,0171
Wates	29,09	0,0577
Wringin Anom	15,88	0,0315
Jumlah	504,4	1

C. Analisis Tutupan Lahan

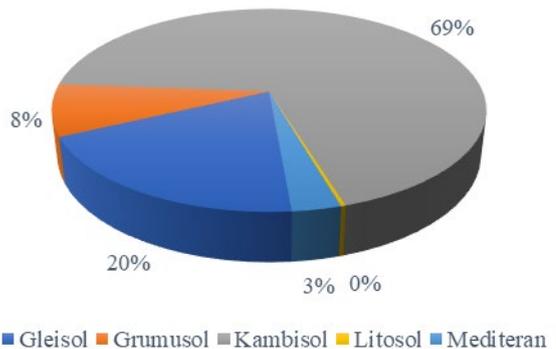
Analisis Tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui kondisi tutupan lahan yang ada pada DAS Kali lamong. Data dari tutupan lahan didapatkan dari peta penutupan lahan tahun 2011 dari kementerian lingkungan hidup dan kehutanan. Pada **Gambar 2** menunjukkan terdapat 6 (enam) jenis tutupan lahan yang ada di DAS Kali Lamong yakni: hutan, permukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering bercampur dengan semak, sawah dan tanah terbuka. Tutupan lahan pada DAS Kali Lamong didominasi oleh sawah dengan prosentase 64,14% dan hutan sebesar 24,54% dan permukiman 9,13% untuk jenis tutupan lahan pertanian lahan kering bercampur dengan semak, pertanian lahan kering dan tanah terbuka masing masing memiliki prosentase 1,57%, 0,42%, dan 0,19%.

D. Analisis Jenis Tanah

Berdasarkan peta jenis tanah yang diperoleh, pada **Gambar 3** terdapat prosentase jenis tanah yang terdapat pada DAS Kali Lamong. Jenis tanah yang dominan adalah kambisol dengan 69,01% dan jenis tanah Gleisol dengan 19,36% dan untuk jenis tanah Grumusol, Mediteran dan Litosol masing-masing prosentasenya 8,26%, 3,08% dan 0,29%.



Gambar 2 Prosentase Tutupan Lahan



Gambar 3 Prosentase Jenis Tanah

E. Pemodelan dengan HEC-HMS

Pemodelan HEC-HMS memerlukan input data terhadap beberapa *component*, diantaranya *basin model*, *meteorologic model*, *control specification* dan *time series data*. *Basin model* digunakan untuk membuat element hidrologi yang akan mewakili kondisi di lapangan. Pada penelitian ini element hidrologi yang digunakan terdiri dari 19 *Subbasin*, 9 *Junction*, 9 *reach* dan 1 *sink*. *Subbasin* merupakan simbol dan fungsi dari subDAS, *junction* merupakan titik pertemuan dari dua atau lebih element hidrologi, *reach* merupakan fungsi dari sungai sebagai penghubung dari *junction* atau *subbasin*, dan *sink* merupakan titik *outlet* terakhir. Setiap element akan mewakili proses hidrologi yang terdapat pada DAS. Pada penelitian ini parameter yang digunakan dalam *subbasin*, *loss methode* menggunakan *SCS Curve Number* dan *transform methode* menggunakan *SCS Unit Hydrograph* dan untuk *routing* sungai akan menggunakan metode *kinematic wave*.

F. Perhitungan *Curve Number*, *Initial Abstraction* dan *Impervious*

Curve Number merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, dan tutupan lahan. Berdasarkan terdapat beberapa jenis tanah dan juga tutupan lahan maka perlu dilakukan perhitungan CN *Composite* seperti pada persamaan (5) sehingga didapatkan nilai *Curve number* pada DAS Kali Lamong berkisar antara 72-89. Selanjutnya perhitungan *Initial abstraction* atau kehilangan mula mula dihitung dengan persamaan 2 didapatkan hasil pada DAS Kali Lamong nilai *Initial abstraction* berkisar antara 6-20 mm. *Impervious* merupakan prosentase kekedapan air pada suatu wilayah nilai *Impervious* pada masing-masing sub DAS berkisar antara 7 - 30%.

G. Perhitungan *Time lag*

Metode *SCS curve number* membutuhkan nilai *time lag* untuk menentukan lama perjalanan *runoff*. *Time lag* merupakan waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat terjauh sampai ke titik pengamatan. Proses perhitungan *time lag* menggunakan persamaan 7 didapatkan nilai *time lag* pada DAS Kali Lamong 7-214 menit.

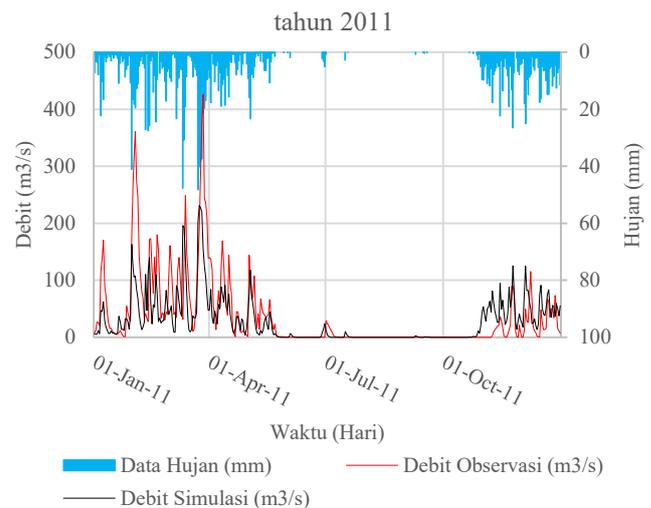
H. Hasil Pemodelan

Setelah penyusunan model selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah *running model*. Tujuan dari *running model* adalah untuk memproses semua data yang parameter yang dimasukkan sehingga akan menjadi data hasil simulasi. Pada **Gambar 4** merupakan gabungan antara grafik debit simulasi dan debit observasi dengan konfigurasi data hujan tahun 2011. Selanjutnya dilakukan perhitungan NSE untuk mengetahui *goodness of fit* dari model.

Hasil simulasi pada **Gambar 4** menunjukkan bahwa debit simulasi sudah cukup bagus seperti debit observasi berdasarkan nilai NSE sebesar 0,495. Dengan curah hujan maksimum sebesar 48,24 mm menghasilkan debit puncak pada hidrograf simulasi terjadi pada tanggal 24 Maret 2011 dengan debit 231,4 m³/s. Sedangkan pada debit observasi, debit puncak terjadi pada tanggal 27 Maret 2011 dengan debit 425,3 m³/s. Langkah selanjutnya adalah kalibrasi parameter untuk membuat nilai NSE antara model simulasi dengan debit observasi menjadi lebih baik seperti pada **Tabel 1**.

Kalibrasi merupakan langkah untuk membuat hasil model mendekati kondisi di lapangan. Proses kalibrasi ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi parameter-parameter yang digunakan. Setiap parameter memiliki sensitivitas yang berbeda beda, dengan membandingkan nilai debit simulasi dengan debit observasi dapat di-

ketahui besar sensitivitas dari masing-masing parameter. Dalam penelitian ini kalibrasi parameter yang dilakukan adalah mencoba merubah nilai dari *curve number* sehingga menyebabkan perubahan nilai *initial abstraction*, *impervious*, dan *time lag*. Selain itu ada parameter lain yang dicoba untuk diubah yakni adalah koefisien manning sebagai nilai dari parameter pada proses perhitungan *routing* sungai seperti pada **Tabel 3**.



Gambar 4 Grafik perbandingan debit simulasi dengan debit observasi tahun 2011

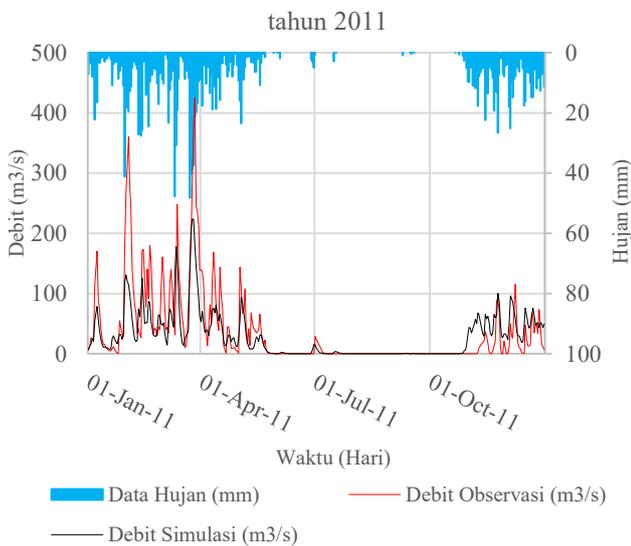
Setelah dilakukan kalibrasi hasil dari model simulasi didapatkan grafik perbandingan antara model simulasi dan debit observasi terdapat pada **Gambar 5**. data hujan tahun 2011 curah hujan maksimum sebesar 48 mm didapatkan hasil simulasi debit maksimum terjadi pada tanggal 25 Maret 2011 sebesar 231,9 m³/s sedangkan debit observasi tertinggi terjadi pada tanggal 27 Maret 2011 dengan debit 425,28 m³/s. Hasil kalibrasi menunjukkan nilai NSE 0,5961 berdasarkan **Tabel 1** interpretasi dari model adalah memuaskan sehingga dapat dilakukan perhitungan selanjutnya.

Setelah mendapatkan model yang sesuai kriteria dengan nilai NSE yang memuaskan, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan variasi input data curah hujan untuk mengetahui respon dari model terhadap curah hujan yang terjadi. Variasi data curah hujan yang digunakan adalah data tahun 2012 sampai dengan tahun 2014.

Pada **Gambar 6** data hujan tahun 2012 curah hujan maksimum sebesar 35 mm didapatkan hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 27 Desember 2012 Sebesar 126 m³/s sedangkan debit observasi tertinggi terjadi pada tanggal 13 Januari 2012 dengan debit 217,40 m³/s sehingga didapat nilai NSE 0,5165.

Tabel 3 Perbandingan parameter kondisi awal dan hasil kalibrasi

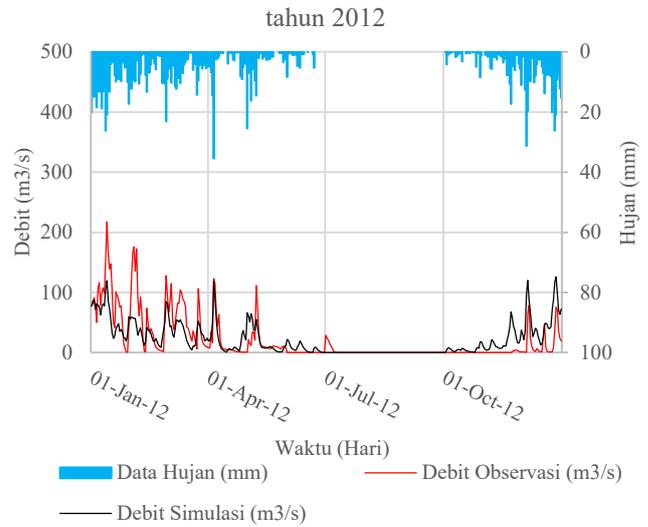
Parameter model		Nilai Parameter	
		Kondisi Awal	Hasil Kalibrasi
<i>Curve Number</i>	Min	71,98	84,79
	Max	88,97	93,10
<i>Initial Abstraction</i> (mm)	Min	6,30	3,77
	Max	19,77	9,11
<i>Impervious</i> (%)	Min	7,50	62,40
	Max	29,64	88,55
<i>Time Lag</i> (Min)	Min	7,72	7,40
	Max	214,20	159,75
Koefisien manning	Min	0,025	0,035
	Max	0,025	0,160



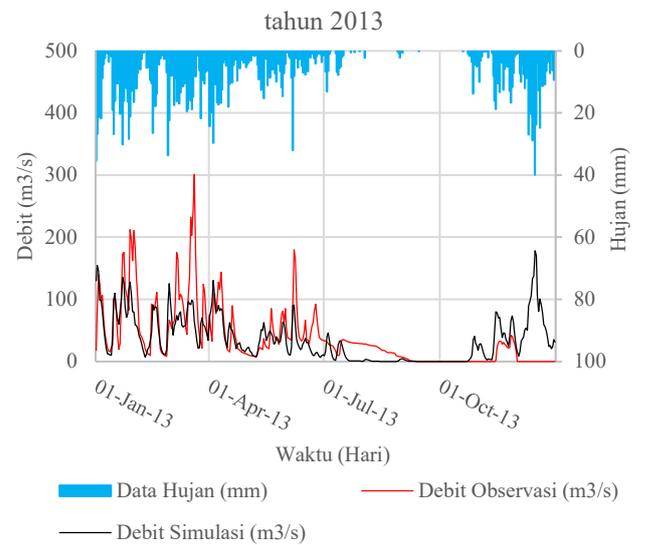
Gambar 5 Grafik perbandingan debit observasi dengan debit simulasi setelah kalibrasi

Pada **Gambar 7** data hujan tahun 2013 curah hujan maksimum sebesar 40 mm didapatkan hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 15 Desember 2013 sebesar 178,2 m³/s sedangkan debit observasi tertinggi terjadi pada tanggal 20 Maret 2013 dengan debit 300,96 m³/s sehingga didapat nilai NSE 0,2729.

Pada **Gambar 8** data hujan tahun 2014 curah hujan maksimum sebesar 49 mm didapatkan hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 19 Desember 2014 sebesar 212,9 m³/s sedangkan debit observasi tertinggi terjadi pada tanggal 21 Desember 2014 dengan debit 290,15 m³/s sehingga didapat nilai NSE 0,5211.



Gambar 6 Grafik perbandingan debit simulasi dengan debit observasi tahun 2012



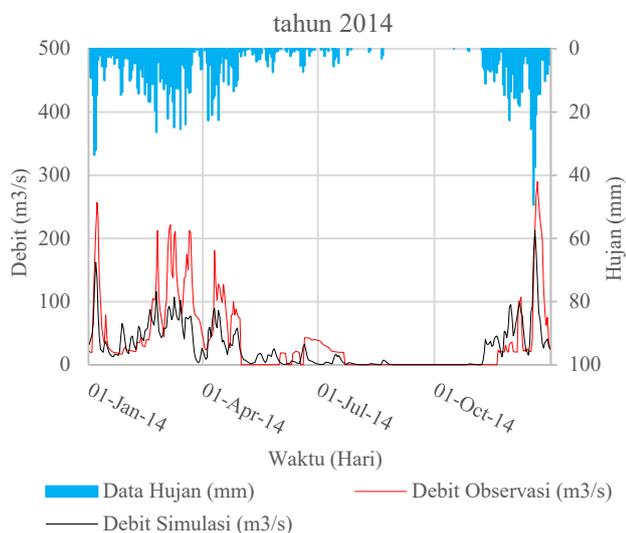
Gambar 7 Grafik perbandingan debit simulasi dengan debit observasi tahun 2013

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat diambil kesimpulan, antara lain:

1. Hasil pemodelan hujan-debit pada kondisi awal menghasilkan debit puncak terjadi pada tanggal 24 Maret 2011 dengan debit sebesar 231,4 m³/s dengan nilai NSE sebesar 0,4950, setelah dilakukan kalibrasi hasil hidrograf simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 25 Maret 2011 dengan debit sebesar 223,9 m³/s dengan akurasi nilai NSE 0,5961.

2. Hasil model untuk data hujan tahun 2012 hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 27 Desember 2012 sebesar $126 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan akurasi nilai NSE 0,5165.
3. Hasil model untuk data hujan tahun 2013 didapatkan hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 15 Desember 2013 Sebesar $178,2 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai NSE 0,2729.
4. Hasil model untuk data hujan tahun 2014 hasil simulasi debit puncak terjadi pada tanggal 19 Desember 2014 sebesar $212,9 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan nilai NSE 0,5211.
5. Hasil perhitungan NSE menunjukkan model dengan data curah hujan tahun 2011 menunjukan hasil terbaik dengan nilai NSE yakni 0,5961 meskipun secara perhitungan model masih menunjukkan nilai yang *underestimate* dari data observasi.



Gambar 8 Grafik perbandingan debit simulasi dengan debit observasi tahun 2014

Daftar Pustaka

- [1] Triatmodjo. Bambang, *Hidrologi Terapan*, Cetakan

- Pertama. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [2] Harto, Sri., Analisis Hidrologi, Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama, 1993
- [3] Tunas, I.G “Pengembangan Model Hidrograf Satuan Sintetik Berdasarkan Karakteristik Fraktal Daerah Aliran Sungai,” Surabaya, 2017.
- [4] Salami, A.W., Bilewu, S.O., Ayanshola, A.M., Oritola, S.F., “*Evaluation of Synthetic Unit Hydrograph Methods for The Development of Design Storm Hydrographs for Rivers in South-West Nigeria*,” *Journal of American Science*, vol. 5, no. 4, p. 23-32, 2009.
- [5] Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 266/KPTS/M/2010 Tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Bengawan Solo
- [6] Asdak, C, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Cetakan keempat. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- [7] US Army Corps of Engineers, "HEC-HMS Hydrologic Modeling System : Technical Reference Manual." Washington DC. 2000.
- [8] Wanielista, M., R. Kersten, dan R. Eaglin, *Hydrology: Water Quantity and Quality Control*, New York: Jhon Wiley and Sons Inc, 1997.
- [9] Cheng, C., Cheng, S., Wen, J., and Lee, J., “*Time and Flow Characteristics of Component Hydrographs Related to Rainfall-Streamflow Observations*,” *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 18, no. 6, p. 675-678, 2013.
- [10] Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K. & Rodhe, A. "Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations" *Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 98-99 p.257-277, 1999.

Halaman ini sengaja dikosongkan