

Bidang: Teknik Industri Agro

Topik: Model Prediksi Erosi, Sedimen dan Debit

MENGUKUR PERFORMANCE MODEL MODEL DISTRIBUSI HUJAN-LIMPASAN-SEDIMEN DI DAS CITARUM HULU

Hafifah Amalia¹, Kharistya Amaru², dan Apip³

^{1,2}Universitas Padjajaran, ³BRIN

hafifahaml@gmail.com^{1*}, kharistya@unpad.ac.id²,

apip@limnologi.lipi.go.id³

ABSTRAK

Model hidrologi maupun model prediksi erosi hingga saat ini sudah banyak berkembang. Beberapa model hidrologi yang sering diaplikasikan pada DAS di Indonesia yaitu, AGNPS, HEC-HMS, USLE, dan SWAT. Masing-masing model memiliki keunggulan dan kelebihan secara spasial maupun temporalnya. Keakuratan suatu model perlu dinilai dalam proses kalibrasi dan validasi. Penelitian ini menggunakan NSE sebagai indeks yang mengukur keakuratan model. NSE atau Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient merupakan suatu indeks yang dapat mengukur tingkat performance model. Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen dipilih pada penelitian ini sebagai model yang diukur performance model nya, model ini merupakan model yang dikembangkan di Puslit Limnologi LIPI, model ini merupakan pengembangan model hidrologi yang telah ada sebelumnya, yaitu model hidrologi yang dibangun oleh Prof. Tachikawa di Kyoto University. Model ini berbasis distribusi sehingga selain dapat menentukan hotspot area laju erosi dan sedimen, model ini juga dapat menggambarkan proses aliran dan mekanisme transport tanah yang tererosi yang terjadi pada DAS. Lokasi yang dipilih pada penelitian ini adalah DAS Citarum Hulu. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan nilai NSE untuk debit aliran adalah 0,65 dan nilai NSE untuk sedimen adalah 0,46.

Kata kunci: Model hidrologi, model distribusi hujan-limpasan-sedimen, debit, sedimen, NSE.

ABSTRACT

Hydrological models and erosion prediction models to date have developed a lot. Some hydrological models that are often applied to watersheds in Indonesia are AGNPS, HEC-HMS, USLE, and SWAT. Each model has its advantages and advantages spatially and temporally. The accuracy of a model needs to be assessed in the calibration and validation process. This study used nse as an index that measures the accuracy of the model. NSE or Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient is an index that can measure the level of performance of a model. The Rain-Runoff-Sediment Distribution Model was chosen in this study as a model measured by the performance model, this model is a model developed at the LIPI Limnology Research Center, this model is a development of a pre-existing hydrological model, namely the hydrological model built by Prof. Tachikawa at Kyoto University. This model is distribution-based so that in addition to being able to determine hotspot areas of erosion and sediment rates, this model can also describe the flow processes and mechanisms of eroded soil transport that occur in watersheds. The location chosen in this study was the Upper Citarum Watershed. The method used in this study is a descriptive method. The results showed that the NSE value for flow discharge was 0.65 and the NSE value for sediment was 0.46.

Keywords: Hydrological model, Rain-Runoff-Sediment Distribution Model, Discharge, Sediment, NSE.

PENDAHULUAN

Erosi merupakan peristiwa terkikisnya lapisan permukaan tanah, peristiwa ini terjadi secara alamiah [3]. Erosi yang terjadi secara alamiah tidak menimbulkan masalah apabila kecepatan erosinya lambat, dimana kecepatan erosi sama dengan kecepatan pembentukan tanahnya, namun apabila kecepatan erosi melebihi kecepatan pembentukan tanah maka akan menyebabkan dampak negatif karena lapisan permukaan tanah akan terus tergerus dan lapisan tersebut akan lenyap atau

habis [3]. Dampak lainnya yang disebabkan oleh erosi tersebut adalah terjadinya penumpukan sedimen pada sungai dan waduk yang ada di daerah hilir sehingga terjadi pendangkalan pada sungai dan waduk [?]. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi erosi yaitu adalah jenis tanah, kemiringan lereng, intensitas curah hujan, tutupan lahan, dan lainnya [2]. Hal yang dapat dilakukan untuk mengendalikan erosi adalah dengan melakukan konservasi tanah dan air pada DAS. Salah satu informasi yang perlu diketahui untuk melakukan konservasi tersebut adalah laju erosi dan debit pada DAS. Alat yang dapat membantu untuk menghitung erosi, debit, maupun sedimen adalah model prediksi erosi atau model hidrologi. Pada area-area yang sulit dijangkau untuk mengukur sedimen maupun debit aliran dapat menggunakan model untuk mengetahuinya. Model hidrologi maupun model prediksi erosi hingga saat ini sudah banyak berkembang. Beberapa model hidrologi yang sering diaplikasikan pada DAS di Indonesia yaitu, AGNPS, HEC-HMS, USLE, dan SWAT [1]. Masing-masing model memiliki keunggulan dan kelebihan secara spasial maupun temporalnya. Keakuratan suatu model perlu dinilai dalam proses kalibrasi dan validasi. Penelitian ini menggunakan NSE sebagai indeks yang mengukur keakuratan model. NSE atau Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient merupakan suatu indeks yang dapat mengukur tingkat performance model. Penelitian ini menggunakan Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen untuk memprediksi sedimen dan debit aliran, model ini merupakan model yang dikembangkan di Puslit Limnologi LIPI, model ini merupakan pengembangan model hidrologi yang telah ada sebelumnya, yaitu model hidrologi yang dibangun oleh Prof. Tachikawa di Kyoto University. Model ini berbasis distribusi sehingga selain dapat menentukan hotspot area laju erosi dan sedimen, model ini juga dapat menggambarkan proses aliran dan mekanisme transport tanah yang tererosi yang terjadi pada DAS [1]. Lokasi yang dipilih pada penelitian ini adalah DAS Citarum Hulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur performance model dari Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen pada DAS Citarum Hulu, maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan judul "Mengukur Performance Model Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen di DAS Citarum Hulu".

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variable mandiri tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan dengan variable lain, dalam arti lain metode ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keadaan variable itu sendiri tanpa ada pengaruh atau hubungan terhadap variable lain seperti penelitian eksperimen atau korelasi (Sugiyono, 2018) [3]. Lokasi penelitian ini adalah DAS Citarum Hulu dimana DAS Citarum Hulu secara geografis terletak pada 107° 15' BT-107° 60' BT dan 6° 40' LS-7° 15' LS. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ArcGIS, Excel, dan Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan, peta DEM, data arah aliran, data akumulasi aliran, data jaringan sungai, peta kemiringan lahan, peta tutupan lahan, data jenis tanah, data observasi sedimen, dan data observasi debit aliran. Bahan-bahan pada penelitian ini didapatkan dari beberapa instansi, seperti Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citarum, PT. Indonesia Power UP Saguling, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSLDP), Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR), dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data input, proses running model, dan diakhiri dengan proses kalibrasi dan validasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persamaan Matematika

Persamaan matematika yang digunakan dalam Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen ini dibagi ke dalam dua persamaan, yaitu persamaan untuk mekanisme hujan-limpasan dan persamaan untuk mekanisme hujan-limpasan-sedimen. Persamaan untuk mekanisme hujan-limpasan adalah sebagai berikut:

$$q = \begin{cases} d_c k_c \left(\frac{h}{d_c}\right)^\beta & (0 \leq h \leq d_c) \\ d_c k_c i + (h - d_c) k_a i & (d_c \leq h \leq d_a) \\ \frac{\sqrt{i}}{n_s} (h - d_a)^m + (h - d_c) k_a i + d_c k_c i & (d_a \leq h) \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan:

- h = kedalaman air (m) setara dengan kandungan air dalam porositas
- d_a = kedalaman air (m) setara dengan kandungan air maksimum dalam poros
- d_c = kedalaman air (m) setara dengan kandungan air maksimum dalam pori kapiler
- k_c = konduktivitas hidrolik ($m s^{-1}$) ketika pori kapiler jenuh

- β = parameter eksponen yang menggambarkan hubungan antara konduktivitas hidrolis dan saturasi
 k_a = konduktivitas hidrolis jenuh ($m\ s^{-1}$)
 $k_a = \beta k_c$

Persamaan yang digunakan dalam model untuk mekanisme hujan-limpasan-sedimen adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial(h_s c)}{\partial t} + \frac{\partial(q_s c)}{\partial x} = e(x, t) \quad (2)$$

$$e(x, t) = DR + DF \quad (3)$$

Keterangan:

- C = konsentrasi sedimen (kg/m^3)
 h_s = kedalaman air (m)
 q_s = debit aliran (m^3/s)
 e = erosi bersih ($kg/m^2/jam$)

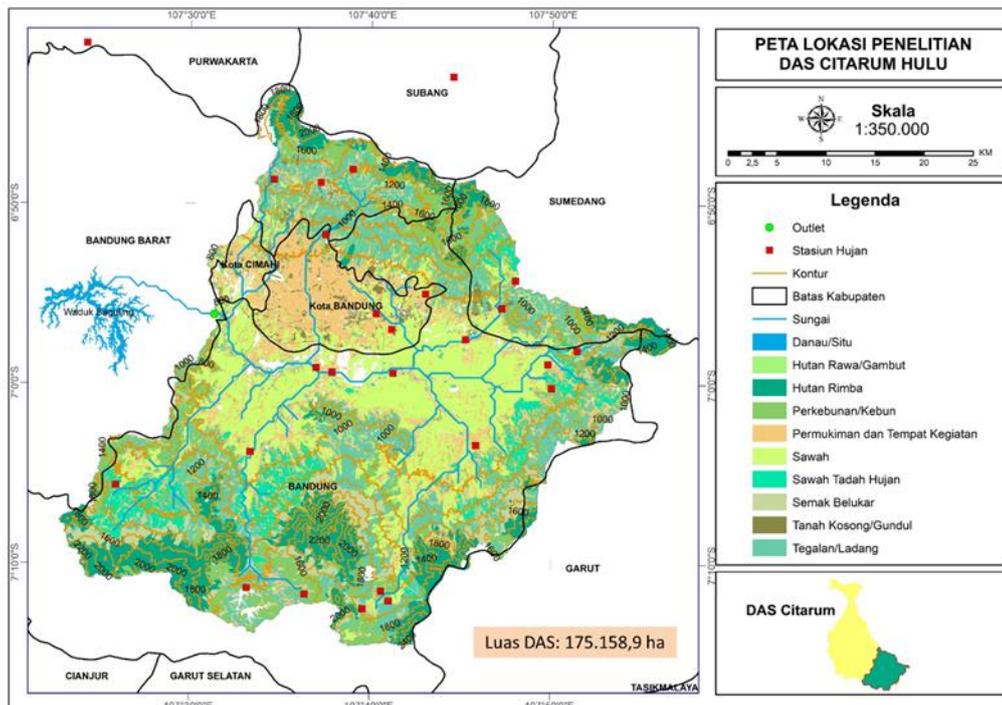
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X-Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X+Y)^2} \quad (4)$$

Keterangan:

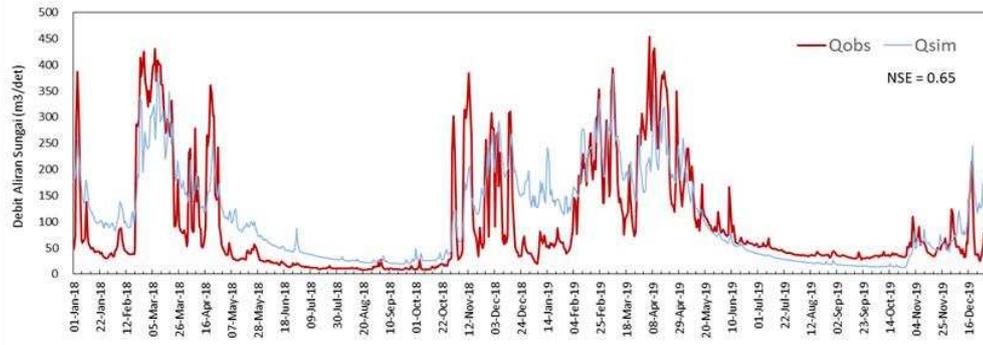
- NSE = Koefisien Nash-Sutcliffe
 n = Jumlah Data
 Y = Nilai dari hasil pemodelan ($m^3/detik$)
 X = Nilai dari hasil pengamatan ($m^3/detik$)
 \bar{X} = rerata nilai hasil pengamatan ($m^3/detik$)

Gambar dan Tabel

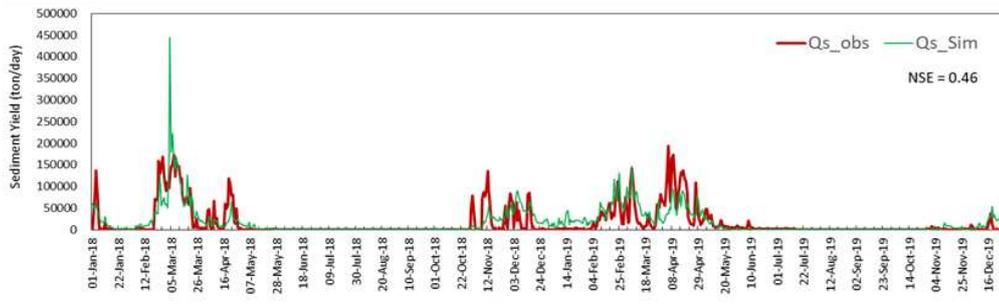
Lokasi penelitian ini yaitu adalah DAS Citarum Hulu yang secara administrasi tertelak pada Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kota Cimahi, dan Kabupaten Sumedang.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Hidrograf debit observasi dan debit simulasi tahun 2018-2019



Gambar 3. Sedimengraf observasi dan simulasi tahun 2018-2019

Tabel 1. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi

No	Parameter	Keterangan	Nilai
1	asou	Kedalaman efektif tanah (mm)	2250
2	tousuims	Porositas tanah	0.015
3	ganmas (da)	Kedalaman tanah untuk aliran bawah permukaan	0.5
4	ganmac (dm)	Kedalaman pori mikro tanah (mm)	0.2
5	betac	Rasio permeabilitas	9.0
6	d50	Median ukuran butir (grain size) (mm)	0.11
7	K	Koefisien	0.001
8	npertanian lahan kering	Koefisien kekasaran Manning pertanian lahan kering	0.3
9	nHutan tanaman	Koefisien kekasaran Manning hutan tanaman	0.3
10	nBadan air	Koefisien kekasaran Manning badan air	0.6
11	nhutan	Koefisien kekasaran Manning hutan	0.6
12	nPerkebunan	Koefisien kekasaran Manning perkebunan	0.5
13	npermukiman	Koefisien kekasaran Manning permukiman	0.2
14	nsawah	Koefisien kekasaran Manning sawah	0.3
15	nsemak belukar	Koefisien kekasaran Manning semak belukar	0.3
16	ntanah terbuka	Koefisien kekasaran Manning tanah terbuka	0.2

Tabel 2. Kriteria nilai NSE

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak Memenuhi

Pembahasan

Proses running model dilakukan di DAS Citarum Hulu dalam periode waktu tahun 2018-2019. Tahun 2018 dipilih untuk melakukan kalibrasi dan tahun 2019 dipilih untuk melakukan validasi. Data yang digunakan untuk melakukan kalibrasi dan validasi adalah data debit aliran observasi dan data sedimen observasi di Stasiun Nanjung. Stasiun Nanjung dipilih karena merupakan outlet dari DAS Citarum Hulu. Proses running diawali dengan memasukkan data-data input ke dalam model, seperti data administrasi DAS, batas DAS, data kemiringan lereng, data curah hujan, data jenis tanah, dan lainnya. Output model berupa debit dan sedimen harian selama periode 2018-2019. Output kemudian dihitung menggunakan rumus NSE untuk mengetahui performance model.

Nilai NSE untuk debit aliran adalah 0,65 dan nilai NSE untuk sedimen adalah 0,46. Berdasarkan interpretasi NSE, nilai tersebut merupakan nilai yang dapat dikatakan memenuhi bagi suatu model untuk dapat menggambarkan keadaan objek diprediksi dengan cukup baik (Bloschl and Grayson, 2000) [3]. Tinggi rendahnya nilai NSE ini dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti kualitas data-data yang digunakan dalam proses running model maupun kalkulasi dari model itu sendiri. Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter untuk kalibrasi, seperti median ukuran butir tanah, porositas tanah, kedalaman tanah, dan koefisien manning dari tutupan-tutupan lahan yang ada pada DAS.

Output model yang nilai NSE nya tidak memenuhi kriteria perlu dilakukan running model kembali dengan mengubah nilai-nilai parameter. Hal tersebut karena nilai NSE yang rendah menunjukkan bahwa hasil perhitungan dari model tidak dapat dipercaya untuk dapat menggambarkan keadaan objek dengan baik. Setting parameter pada penelitian ini dilakukan secara trial and error. Dengan nilai NSE sebesar 0,65 dan 0,46 tersebut artinya Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen ini dapat menggambarkan dan menghitung debit serta sedimen pada DAS Citarum Hulu dengan baik.

KESIMPULAN

Nilai NSE yang menunjukkan performance model dari Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen ini adalah 0,65 untuk debit aliran dan 0,46 untuk sedimen. Nilai ini berdasarkan tabel kriteria nilai NSE merupakan nilai yang memenuhi. Model Distribusi Hujan-Limpasan-Sedimen dapat digunakan untuk menghitung debit aliran dan sedimen pada DAS Citarum Hulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak penyelenggara seminar nasional telah menyediakan wadah bagi pemakalah untuk mempresentasikan serta mempublikasikan makalah ini, harapannya semoga makalah ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti atau emakalah-pemakalah yang akan melakukan penelitian di kemudian hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apip et.al. *Spatial lumping of a distributed rainfall-sediment-runoff model and its effective lumping scale*. HYDROLOGICAL PROCESSES. Hydrol. Process. 26, 855–871. 2012
- [2] Harsoyo, B. Review Modeling Hidrologi Das di Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 11, No. 1, 2010: 41-47. 2010
- [3] Blöschl, G., and Grayson, R. 'Spatial observation and interpolation' In: R. Grayson and G. Blöschl, (eds.), *Spatial Pattern in Catchment Hydrology: Observation and modelling* ", Cambridge University Press, Cambridge, pp: 17-50. 2000
- [4] Wischmeier, W. H., and J. V. Mannering. Relation of soil properties to erodibility. *Soil Sci. AM. Proc* 33; 131-13. 1969
- [5] Arsyad, S. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Bogor. 2000
- [6] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta, Bandung. 2018
- [7] Suripin. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2001
- [8] Mulyani dan Kartasapoetra. *Tekhnologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: PT Melton Putra. 1991