

Prediksi Debit Aliran Sub-DAS Bantimurung Menggunakan Model HEC-HMS

(Prediction of Flow Discharge of Bantimurung Watershed Using HEC-HMS Model)

Sitti Zulaeha^{1*)}, Sitti Nur Faridah²⁾, Mahmud Achmad²⁾, dan Husnul Mubarak²⁾

¹⁾ Program Studi Agroteknologi STIP Muhammadiyah Sinjai

²⁾ Program Studi Keteknikan Pertanian Universitas Hasanuddin

^{*)} Email korespondensi: sitti_zulaeha@yahoo.com.

ABSTRAK

Sub-DAS Bantimurung merupakan sumber air irigasi bagi masyarakat di sekitarnya dan beberapa tahun terakhir perubahan besarnya debit maksimum dan debit minimum mengalami fluktuasi yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit aliran dan mengetahui tingkat kevalidan model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) dalam memprediksi besarnya debit aliran pada Sub-DAS Bantimurung Kabupaten Maros. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang meliputi pengumpulan data di lapangan seperti : data curah hujan, debit, tekstur tanah dan penggunaan lahan serta karakteristik Sub-DAS Bantimurung. Data dianalisis menggunakan aplikasi HEC-HMS. Aplikasi ini melakukan simulasi empiris menggunakan data curah hujan, kemiringan tanah, penggunaan lahan, karakteristik tanah dan secara umum memprediksi laju debit aliran. Pemodelan HEC-HMS melakukan kalibrasi menggunakan data dari Dinas Pekerjaan Umum dengan data tahun 2006. Proses kalibrasi dan validasi model menggunakan data tahun 2014. Proses kalibrasi dan validasi menunjukkan bahwa data simulasi hasil prediksi mendekati nilai hasil pengukuran dimana nilai R^2 dan NSE masing-masing adalah sebesar 0,546 dan 0,595 sedangkan hasil validasi menunjukkan nilai 0,512 dan 0,490. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model HEC-HMS cukup valid digunakan untuk memprediksi debit aliran

Kata Kunci: debit, hujan, HEC-HMS, validasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sumberdaya air di alam selain bermanfaat suatu saat dapat pula merugikan manusia. Manusia berusaha memanfaatkan dan mengendalikan air agar dapat ditingkatkan daya gunanya dan dikurangi pengaruh negatifnya. Manfaat dari sumber daya air antara lain untuk pengairan, PLTA, persediaan air minum, untuk industri, serta perikanan. Keuntungan lain apabila pengelolaan sumber daya air dikelola dengan baik antara lain

adalah untuk peredaman puncak banjir, pengisian kembali air tanah dan pengendalian erosi lahan. Sumber daya air yang tidak dikelola dengan baik dapat dipastikan lebih banyak merugikan, misalnya terjadinya banjir di saat musim hujan dan tak tersedianya air di saat musim kemarau (Arsyad, 2010).

Kabupaten Maros adalah salah satu daerah lumbung padi di Sulawesi Selatan. Setiap tahun daerah ini menjadi salah satu penyangga beras untuk wilayah di daerahnya termasuk Makassar. Berdasarkan hasil penelitian (Sidra,

2012) luas daerah irigasi Bantimurung pada bagian kanan bendungan Batubassi yaitu seluas 5.896 ha. Pada daerah irigasi Bantimurung terdapat saluran induk, saluran sekunder dan saluran tersier. Secara keseluruhan jumlah saluran primer dan sekunder pembawa pada DI Bantimurung yaitu 46,107 km saluran induk memiliki panjang 9,41 km dan saluran sekunder 33,935 km.

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada suatu objek dan merupakan hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kejadian (intervensi) manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang bersifat dinamis dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual (Asdak, 2010).

Menurut Risyanto (2007), hasil penelitiannya menunjukkan bahwa salah satu penyebab besarnya debit pada suatu DAS yaitu adanya perubahan penggunaan lahan yang dasarnya bersifat dinamis mengikuti perkembangan penduduk dan pola pembangunan wilayah.

Limpasan permukaan dapat masuk ke sungai dengan cepat yang dapat menyebabkan debit sungai meningkat. Apabila debit sungai lebih besar dari kapasitas sungai untuk mengalirkan debit maka akan terjadi luapan pada tebing sungai (Triatmodjo, 2008).

Ketersediaan model hidrologi sangat diperlukan untuk membantu dalam mempelajari proses perubahan debit sungai. Pengukuran fungsi hidrologi DAS di lapangan memerlukan pemahaman tentang banyak proses yang terlibat sehingga membutuhkan tenaga, waktu dan biaya yang banyak (Dasanto, 2006).

Penggunaan teknik pemodelan hidrologi yang tepat dalam sebuah penelitian hidrologi, harus disesuaikan dengan data dasar yang ada. Hal itu menyangkut identifikasi dan karakterisasi DAS, dengan tidak melupakan kalibrasi parameter-parameter berbagai model yang ada, di samping evaluasi kelayakan model hidrologi dengan kondisi DAS di Indonesia. Dengan demikian penggunaan model-model tersebut di berbagai wilayah Indonesia lebih dapat dipertanggungjawabkan (Damayanti, 2011).

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) dikembangkan oleh US Army Corps of Engineers–Institute for Water Resources. Model HEC-HMS merupakan program komputer untuk menghitung pengalihragaman hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. Model yang terdapat dalam HEC-HMS dapat digunakan untuk menghitung volume runoff, direct runoff, baseflow dan channel flow. Model ini merupakan pengembangan dari model yang sebelumnya yaitu HEC-1. Salah satu keunggulan dari model HEC-HMS adalah telah digunakannya konsep GIS dalam penyelesaian modelnya (USACE, 2000).

Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) adalah sebaran normal yang menentukan jarak perbedaan antara pengukuran dan simulasi yang dibandingkan dengan perbedaan data pengukuran. NSE mengindikasikan seberapa dekat hasil pengukuran terhadap data simulasi atau mendekati garis 1:1. Model Nash Sutcliffe dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu baik jika $NS \geq 0.75$, memuaskan jika $0.75 > NS > 0.36$, dan kurang memuaskan jika $NS < 0.36$ (Moriassi et al. 2007).

Perubahan besarnya debit maksimum dan debit minimum memiliki fluktuasi yang cukup tinggi yaitu 82,38 m³/detik dan 0,26 m³/detik pada tahun 2005 sedangkan debit maksimum dan minimum pada tahun 1999 masing-masing 4,96 m³/detik 1,23 m³/detik. Hal ini berarti fluktuasi debit maksimum mengalami perubahan 77,412 m³/detik dan debit maksimum mengalami perubahan sebesar 0,97 m³/detik. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk memprediksi besarnya debit aliran menggunakan model HEC-HMS.

Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit aliran pada Sub-DAS Bantimurung, serta mengetahui tingkat kevalidan model HEC-HMS pada daerah karst dalam memprediksi besarnya debit aliran.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop, GPS (Global Positioning System), Perangkat Lunak HEC-HMS dan ArcView. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, data debit sungai, peta administrasi, peta jenis tanah dan peta penggunaan lahan.

Metode Penelitian

Pengambilan data lapangan

Jenis Data

Data primer diperoleh melalui pengamatan di lapangan yang meliputi pengamatan kondisi DAS, dan pengambilan sampel tanah yang akan dianalisis di laboratorium.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

- a) Peta Administrasi
- b) Peta Jenis Tanah
- c) Peta Penggunaan Lahan Sub-Das Bantimurung
- d) Data curah hujan tahun 2006 dan 2014 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bidang Pengairan Propinsi Sulawesi Selatan.
- e) Data debit air harian terukur tahun 2006 dan 2014 yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bidang Pengairan Propinsi Sulawesi Selatan.

Analisis data

Analisis data pada studi ini sebagai berikut:

Input model HEC-HMS

Penyusunan model basin

Penelitian ini menggunakan elemen hidrologi sub-basin dengan input data yaitu *curve number*, *initial abstraction*, dan *time lag*. Input data pada masing-masing parameter adalah :

1. Curve Number

Pada tahap ini dilakukan penentuan nilai bilangan kurva berdasarkan dari data penutupan lahan, data karakteristik tanah serta perlakuan budidaya tanaman.

2. Initial Abstraction

Initial abstraction merupakan nilai kehilangan mula-mula dimana pada proses

ini sangat berkaitan dengan nilai S (kemampuan penyimpanan maksimum).

3. Time Lag

Untuk mendapatkan nilai time lag ada beberapa input yang dibutuhkan seperti panjang sungai, kemiringan dan nilai bilangan kurva.

Penyusunan model meteorologi

Input data pada meteorologi yaitu data curah hujan yaitu curah hujan tahun 2006 dan 2014.

Kontrol spesifikasi

Pada tahap ini *control specifications* berfungsi mengatur tanggal dan waktu permulaan dan akhir simulasi.

Time series data

Pada tahap ini data debit dimasukkan sebagai pembanding dari data debit hasil keluaran model.

Parameter Nilai Curve Number

Penentuan nilai bilangan kurva ditentukan berdasarkan sifat-sifat tanah, keadaan hidrologi, perlakuan budidaya tanaman, dan penggunaan lahan.

Parameter Model

Tabel 1. Nilai Parameter untuk Kalibrasi Model HEC-HMS

Model	Parameter	Min	Max
SCS Loss	Initial abstraction	0 mm	100 mm
	Curve number	1	100
SCS UH	Lag	0,1 min	250 m ³ /s
Baseflow	Initial Baseflow	0 m ³ /s	100 m ³ /s
	Recession factor	0,00001	1
	Flow-to-peak ratio	0	1

Sumber : USACE (2000).

Simulasi model HEC-HMS

Langkah simulasi model dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

1. Menginput data masukan pada model.
2. *Running* program berdasarkan data masukan dan akan menghasilkan keluaran berupa hidrograf dan data volume debit serta debit puncak.
3. Membandingkan debit keluaran hasil simulasi dengan debit terukur.

4. Kalibrasi parameter model HEC-HMS dengan cara memperkirakan parameter awal berdasarkan karakteristik DAS. Optimasi dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi dengan debit observasi.
5. Validasi model menggunakan data hujan harian terukur dan debit harian terukur tahun 2006 dan 2014.
6. Melakukan penilaian tingkat kevalidan model menggunakan Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) dengan masukan data tahun 2014. Adapun persamaannya yaitu sebagai berikut:

$$NS = 1 - \frac{\left[\sum (y - \hat{y})^2 \right]}{\left[\sum (y - \bar{y})^2 \right]}$$

dimana y adalah debit aktual yang terukur (mm), \hat{y} adalah debit hasil simulasi (mm), dan \bar{y} adalah rata-rata debit terukur. Efisiensi model Nash Sutcliffe dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu baik jika $NS \geq 0.75$, memuaskan jika $0.75 > NS > 0.36$, dan kurang memuaskan jika $NS < 0.36$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Wilayah

Sub-DAS Bantimurung termasuk dalam sistem DAS Maros yang mencakup dua wilayah kecamatan yaitu Bantimurung dan Simbang. Terletak pada posisi $5^{\circ} 01' 14,55''$ LS dan $119^{\circ} 40' 32,3''$ BT dengan luas 2077 ha. Sub-DAS ini terdiri dari beberapa anak sungai yang digunakan oleh masyarakat sebagai sumber air baik untuk keperluan pertanian dan juga digunakan sebagai sarana drainase. Lebar sungai Bantimurung pada bagian hilir adalah sekitar 740 cm yang disekitarnya terdapat pemukiman penduduk dan jalan raya sepanjang aliran sungai. Sebagian tepi dari sungai Bantimurung yakni berada di sepanjang jalan raya telah ditanggul dengan maksud agar tanah yang ada di sekitar pemukiman penduduk tidak tererosi.

Menurut sistem klasifikasi Schmidth-Fergusson ($BB = CH > 100$ mm/bulan dan $BK = CH < 60$ mm/bulan) tipe iklim di wilayah Sub DAS Bantimurung termasuk tipe iklim C (agak basah) yang mana jumlah rata-rata curah hujan

bulan kering dibagi dengan jumlah rata-rata bulan basah berkisar antara 0.333 – 0.453 ini menunjukkan bahwa intensitas curah hujan tinggi.

Pemodelan HEC-HMS

Sub-DAS Bantimurung dimodelkan dengan 1 Subbasin dan 1 Junction dengan panjang sungai utama yaitu 7,604 km. Dalam penginputan nilai basin ada beberapa nilai yang harus diketahui salah satunya adalah nilai bilangan kurva. Nilai bilangan kurva didapatkan dengan menganalisis sifat tanah pada sub DAS Bantimurung, keadaan hidrologi, dan penggunaan lahan. Berdasarkan nilai bilangan kurva maka nilai Ia (abstraksi awal) dan nilai time lag yang dibutuhkan sebagai input model dapat diketahui. Nilai bilangan kurva yang didapatkan pada penelitian ini adalah 81,4 dan nilai time lag yaitu 0,93 jam atau 61,74 menit.

Tabel 2. Debit aliran maksimum hasil simulasi tahun 2006

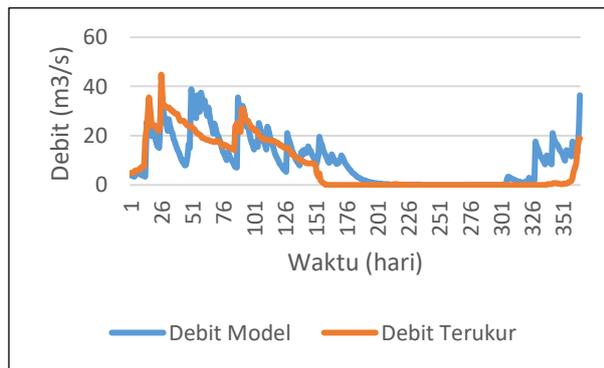
No	Bulan	Debit Model (m ³ /s)
1	Januari	27,136
2	Februari	32,594
3	Maret	30,464
4	April	20,39
5	Mei	16,805
6	Juni	14,193
7	Juli	0,741
8	Agustus	0,001
9	September	0
10	Oktober	0
11	November	16,586
12	Desember	30,076

Tabel di atas menunjukkan bahwa debit aliran maksimum pada hasil keluaran model terjadi pada bulan Januari dengan nilai 32,594 m³/s sedangkan debit aliran tertinggi pada debit terukur terjadi pada bulan Februari dengan nilai 44,817 m³/s dengan curah hujan tertinggi pada bulan Februari yaitu 160 mm. Debit air berkurang mulai pada bulan Juli bahkan pada bulan September dan Oktober debit yang diprediksi oleh model menunjukkan 0 m³/s. Bulan-bulan ini ditandai dengan musim kemarau di kawasan Sub-DAS Bantimurung. Debit air kembali mulai meningkat pada bulan

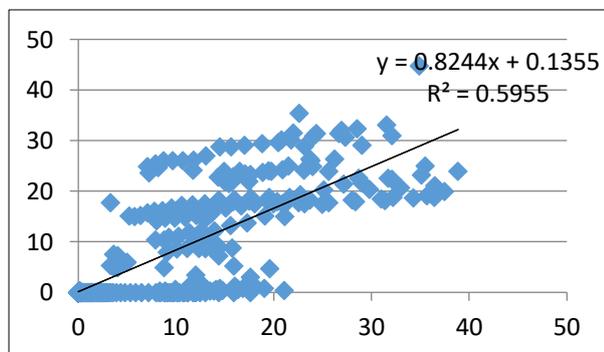
November sekitar 16,58 m³/s. Keadaan ini berlangsung sampai bulan Juni dengan debit sebesar 14,193 m³/s yang berkaitan dengan musim hujan. Dengan demikian ketersediaan debit air sungai sangat bergantung pada musim hujan.

Kalibrasi dan Validasi

Pada proses kalibrasi didapat perbedaan hasil prediksi model dengan observasi adalah volume error sebesar 19,13% sedangkan peak error sebesar 13,3%. Beberapa parameter yang nilainya berubah untuk mendekati nilai debit observasi.

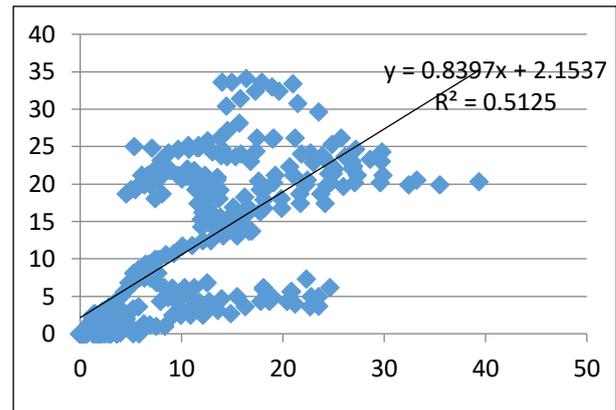


Gambar 2. Grafik perbandingan debit terukur dan debit simulasi setelah validasi.



Gambar 3. Grafik Analisis regresi debit terukur dan debit simulasi setelah kalibrasi.

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan maka diperoleh nilai efisiensi Nash-Sutcliffe (NS) dan R² masing-masing sebesar 0,546 (memuaskan) dan 0,595 yang dapat dilihat pada gambar 3. Nilai debit aliran setelah validasi ditampilkan pada gambar 2 dimana debit aliran yang dihasilkan dalam kurun waktu 1 tahun yaitu tahun 2014.



Gambar 4. Grafik analisis regresi debit aliran terukur dan debit aliran simulasi setelah validasi.

Hasil analisis regresi ditampilkan pada gambar 4 dimana R² yang dihasilkan setelah dilakukan validasi dari debit terukur dengan hasil simulasi adalah 0,512 sedangkan nilai pada NSE menunjukkan angka 0,490. Model Nash Sutcliffe dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu baik jika NS ≥ 0.75, memuaskan jika 0.75 > NS > 0.36, dan kurang memuaskan jika NS < 0.36.

Debit aliran maksimum tertinggi yang dihasilkan pada model terjadi pada bulan April yaitu sebesar 39,361 m³/s sedangkan pada debit terukur nilai debit maksimumnya yaitu 24,371 m³/s. Debit terukur menunjukkan debit maksimum terjadi pada bulan Maret sebesar 26,115 m³/s sedangkan debit maksimum model pada bulan yang sama yaitu 21,177 m³/s.

KESIMPULAN

Parameter model HEC-HMS memiliki tingkat sensitivitas yang bervariasi tergantung dari input awal yang diterapkan terhadap model. Hasil prediksi debit aliran maksimum yang dihasilkan model setelah dilakukan validasi tahun 2014 adalah 39,361 m³/s Nilai kalibrasi didapatkan R² 0,546 dan NSE sebesar 0,595 dan nilai hasil validasi yang diperoleh sebesar R² 0,512 dan NSE 0,490 hal ini menunjukkan bahwa HEC-HMS cukup valid digunakan untuk memprediksi debit aliran Sub-DAS Bantimurung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Damayanti A. (2011). *Permodelan Sistem Hidrologi DAS*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Dasanto B.D. (2006). *Petunjuk Praktikum Hydrologic Modeling System HEC-HMS*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Moriasi D.N. et al. (2007). *Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification Of Accuracy In Watershed Simulations*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 50(3): 885–900.
- Risyanto. 2007. *Aplikasi HEC-HMS untuk Perkiraan Hidrograf Aliran Di DAS Ciliwung Bagian Hulu*. [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sidra, A.Tenri Were. 2012. *Sistem Informasi Spasial Kondisi Fisik Jaringan Irigasi Bantimurung Kabupaten Maros*. [Skripsi]. Program Studi Keteknikan Pertanian. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Triatmodjo B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center (USACE). 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*. Maret 2000.