

ANALISIS ALIRAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN MODEL SWAT DI DAS BILA SULAWESI SELATAN

*(The Analysis of Surface Runoff Using SWAT Model
in Bila Watershed, South Sulawesi)*

IQRIMA STADDAL

TENAGA PENGAJAR PROGRAM STUDI MESIN DAN PERALATAN PERTANIAN POLITEKNIK
GORONTALO

ABSTRAK

Aliran permukaan merupakan air yang tidak dapat masuk kedalam tanah akibat kejenuhan tanah yang menghambat proses infiltrasi. Apabila kapasitas infiltrasi lebih kecil daripada curah hujan maka akan terjadi aliran permukaan yang selanjutnya menyebabkan banjir. DAS Bila merupakan DAS prioritas yang berarti memiliki tingkat kritis yang harus segera diselamatkan. Tiap tahunnya DAS Bila menyebabkan banjir, kekeringan dan erosi sehingga dibutuhkan model hidrologi yang dapat menggambarkan proses perubahan pada DAS Bila. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi aliran permukaan menggunakan model SWAT. Berdasarkan data debit harian pada bulan Januari sampai November 2006 dan 2011, didapatkan hasil kalibrasi nilai R yaitu 0,81 dan NSE sebesar 0.64. Hasil validasi model didapatkan nilai R sebesar 0,81 dan NSE sebesar 0,55. Hal ini menunjukkan bahwa model SWAT dapat memprediksi proses hidrologi di DAS Bila. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran permukaan bertambah sebesar 40.3%, seiring terjadinya perubahan hutan primer menjadi hutan sekunder. Penggunaan lahan yang mempengaruhi besar aliran permukaan adalah penggunaan lahan untuk pemukiman, sawah dan pertanian lahan kering yang masing-masing meningkat sebesar 44.1%, 56.8% dan 35%

Kata kunci : Aliran permukaan, DAS Bila, hutan primer, model SWAT, penggunaan lahan

ABSTRACT

Surface runoff is water can not enter into the soil that inhibits the infiltration process. If infiltration capacity is smaller than the rainfall, it will occur subsequent runoff and causes flooding. Bila watershed is a priority watersheds which means it has a critical level that must be saved. Each year Bila watershed cause floods, drought and erosion that takes necessary a hydrological model to describe the process of change in Bila watershed. This study aims to predict runoff used SWAT model. Based on the daily discharge from January to November 2006 and 2011, showed the calibration value of R is 0.81 and the NSE is 0.64. Model validation results obtained R value of 0.81 and 0.55 NSE. This shows that SWAT model can predict the hydrological processes in Bila watershed. The results showed that the surface runoff increased by 40.3%, due to changes in primary forests to secondary forests. Landuse for settlement, wetland and dryland farming were the highest contribution of surface runoff, increased by 44.1%, 56.8% and 35%

Key words : Bila watershed, forestry, landuse, surface runoff, SWAT model

1. PENDAHULUAN

Aliran permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Aliran permukaan berlangsung ketika jumlah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah (Asdak 2007).

Aliran permukaan merupakan faktor hidrologi terbesar yang dapat menyumbang debit pada saat terjadi banjir. Volume aliran permukaan dalam jumlah besar dan terus-menerus dapat mengakibatkan erosi yang mengangkut partikel-partikel tanah dan mendeposisikan pada badan-badan air seperti sungai, danau, waduk dan sebagainya. Makin besar jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran menunjukkan kondisi DAS yang tidak sehat (Yustika 2013).

Tingkat sedimentasi DAS Bila diperkirakan mencapai 3-4 cm per tahunnya (Nurkin 1994) kemudian meningkat menjadi 15-20 cm per tahun (Bappedal, 2000). Tingginya tingkat sedimentasi DAS Bila menjadikan DAS Bila masuk dalam daftar DAS kritis dengan prioritas 1 (DEPHUT 1998).

Analisis aliran permukaan DAS Bila dilakukan dengan menggunakan bantuan model SWAT (Soil Water Assessment Tools). Model SWAT dapat menganalisis aliran permukaan secara spasial sehingga daerah yang menghasilkan aliran permukaan terbesar akan diketahui dan lebih mudah untuk dilakukan penanganan lebih dini

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis aliran permukaan DAS Bila menggunakan model SWAT dan melihat kontribusi aliran permukaan pada tiap penggunaan lahan DAS Bila

2. METODOLOGI

2.1. Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

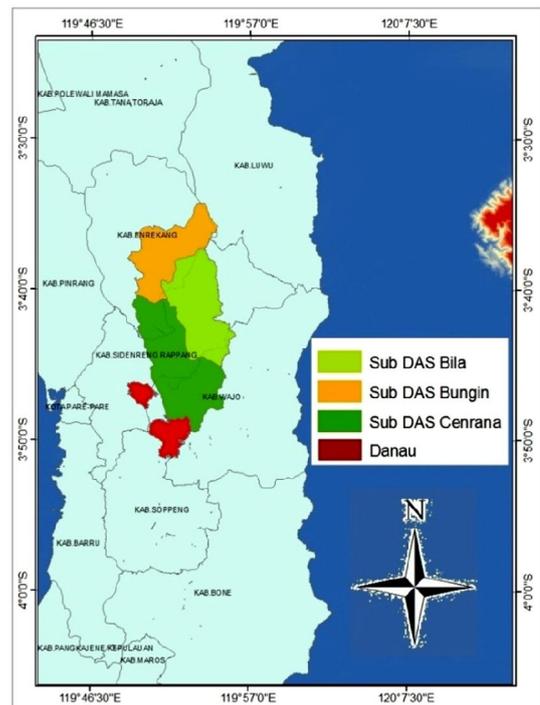
Pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa pengumpulan sampel tanah untuk analisis fisika dan kimia tanah, pengecekan keadaan DAS Bila berupa penggunaan lahan, pengelolaan tanah dan tanaman dan pengecekan saluran DAS. Data sekunder berupa :

1. Data DEM ASTER 30 m
2. Peta digital jenis tanah DAS Bila skala 1:250.000 dari Pusat Penelitian Tanah

3. Peta penggunaan lahan skala 1:100.000 tahun 2002 dan 2011 yang diperoleh dari Badan Planologi
4. Data curah hujan harian tahun 2002 sampai tahun 2011 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan-Jeneberang
5. Data debit aliran sungai harian dari tahun 2002 sampai tahun 2011 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan-Jeneberang
6. Data iklim harian tahun 2002 sampai tahun 2011 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan-Jeneberang

2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2013 sampai Agustus 2014 di DAS Bila. Secara administrasi DAS Bila terletak di tiga Kabupaten yaitu Kabupaten Enrekang, Kabupaten Sidrap dan Kabupaten Wajo. Bagian hulu DAS Bila terletak di Kabupaten Enrekang dan bagian hilir DAS terletak di Danau Tempe Kabupaten Wajo. Luas DAS secara keseluruhan adalah 172.819 Ha



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.3. ANALISIS PENGOLAHAN DATA MODEL SWAT

Pengolahan Data Topografi

Pengolahan data topografi model dengan menggunakan data DEM ASTER 30 meter. Penyeragaman semua proyeksi peta dilakukan agar DEM bisa dioverlay dan dianalisis. Sistem UTM yang digunakan yaitu datum WGS 84 dengan zona wilayah Sulawesi Selatan 50S

Deliniasi DAS

Proses deliniasi DAS dilakukan secara otomatis oleh model setelah pemilihan titik outlet DAS ditentukan. Model SWAT akan membatasi daerah penelitian dan membaginya kedalam sub DAS.

Analisis Respon Unit Hidrologi (HRU)

HRU merupakan analisis hidrologi yang didapatkan dengan cara menggabungkan karakteristik tanah, penggunaan lahan dan kemiringan lereng. Hasil tumpang susun peta tanah dan penggunaan lahan akan memberikan informasi berupa data atribut yang terdapat pada tiap peta

Pengolahan Data Iklim

Data iklim yang dibutuhkan berupa data harian curah hujan, suhu maksimum dan minimum, radiasi matahari dan kecepatan angin. Masing-masing data harian periode 10 tahun diolah pada basis data WGN yang membutuhkan 14 parameter

Run Model SWAT

Setelah tahapan deliniasi DAS, pembentukan HRU dan pengolahan data iklim selesai, tahapan terakhir adalah run model dan mensimulasikannya. Hasil keluaran model berupa file dengan format TXT dan Microsoft Access. Analisis model pada masing masing sub DAS, *Reach* dan HRU dapat dilihat menggunakan SWAT Plot dan Graphic.

Kalibrasi dan Validasi

Simulasi hidrologi dalam suatu DAS hanya dapat diterima apabila telah dilakukan validasi dan kalibrasi secara statistik. Data debit digunakan untuk melakukan kalibrasi model. validasi dan kalibrasi dinilai dengan regresi nilai determinasi (R^2) dan *Nash-Sutcliffe model Efficiency* (NSE). Nilai R^2 menggambarkan

hubungan seberapa jauh antara hasil simulasi dan hasil pengamatan yang nilainya antara 0-1. Kisaran NSE antara $-\infty$ and 1.0, NSE = 1 merupakan nilai optimal. Nilai antara 0.0 dan 1.0 secara umum menunjukkan tingkat kemampuan model dalam melakukan simulasi dapat diterima

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_{mean})^2} \right]$$

Keterangan :

Y_{iob} , hasil pengukuran yang dievaluasi

Y_{isim} , hasil nilai model

Y_{mean} , rata-rata hasil pengukuran yang dievaluasi, dan n adalah banyaknya data

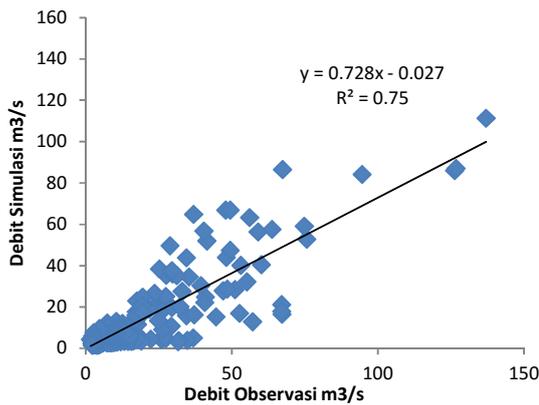
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Deliniasi DAS

Total luasan DAS Bila adalah 172.819 ha sedangkan total luasan yang dihasilkan model SWAT adalah 155.288 ha. Luasan DAS berkurang disebabkan batasan dari penelitian yang tidak mengambil Danau Tempe sebagai daerah penelitian. Dari hasil deliniasi DAS menggunakan model SWAT terbentuk 23 sub DAS dengan jumlah HRU 378. Sub DAS 1 merupakan sub DAS terbesar yaitu 19.3% dari total luas DAS Bila, sedangkan Sub DAS 22 adalah sub DAS terkecil sebesar 0.18%

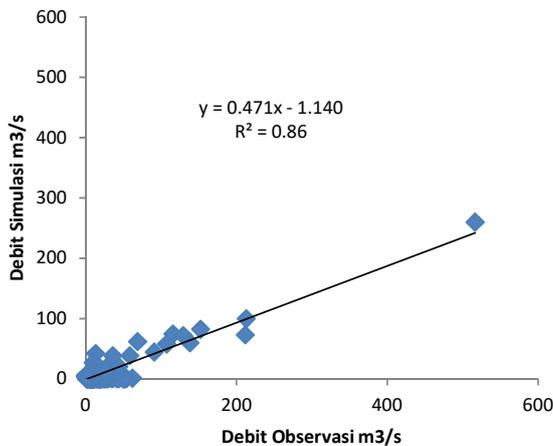
3.2. Kalibrasi dan Validasi Model

Data kalibrasi yang dibandingkan yaitu data debit sungai dari tanggal 1 Januari 2006 sampai dengan 30 Nopember 2006. Periode data dipilih untuk melihat fluktuasi debit di DAS Bila saat musim kemarau dan musim hujan. Sebanyak 10 parameter yang paling sensitif terhadap keluaran model adalah CN_2, ESCO, EPCO, Alfa_BF, GW_Delay, GWQMN, RCHRG_DP, CH_N2, CH_K2 dan SURLAG. Hasil kalibrasi dari 10 parameter yang diinput, diperoleh nilai koefisien deterministik sebesar 0.75 (*good*) dan NSE sebesar 0.70 (*satisfactory*) (Gambar 2). Berdasarkan nilai tersebut, maka model SWAT akurat untuk dipergunakan dalam prediksi aliran permukaan



Gambar 2. Kalibrasi debit harian observasi dan debit harian simulasi

Validasi dilakukan selama 11 bulan mulai dari 1 Januari 2011 sampai 30 Nopember 2011. Parameter yang digunakan pada proses validasi sama dengan parameter kalibrasi. Hasil validasi model menunjukkan bahwa perbandingan debit observasi dan debit simulasi menghasilkan R^2 sebesar 0.86 (*very good*) dan NSE sebesar 0.62 (*satisfactory*). Berdasarkan nilai tersebut, maka model SWAT dapat menggambarkan keadaan hidrologi DAS Bila.



Gambar 3. Validasi debit harian observasi dan debit harian simulasi

3.3. Analisis Kontribusi Aliran Permukaan

Hasil model SWAT memperlihatkan bahwa terdapat 9 sub DAS (2, 3, 4, 7, 9, 10, 13, 14

dan 15) sebagai penyumbang aliran permukaan terbesar pada tahun 2006 kemudian meningkat menjadi 12 sub DAS (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14 dan 15) pada tahun 2011.

Tabel 1 menunjukkan analisis pada tingkat Sub DAS. Sub DAS 1, 5 dan 6 mengalami peningkatan persentasi aliran permukaan dikarenakan perubahan hutan primer menjadi hutan sekunder. Pengurangan tutupan vegetasi di sub DAS 1, 5 dan 6 mampu meningkatkan aliran permukaan sebesar 40.3%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Zhang *et al* (2009) di DAS Lao Shi-Khan menunjukkan bahwa aliran permukaan semakin meningkat dengan berkurangnya tutupan vegetasi di DAS Lao Shi-Khan dan ketika dilakukan penambahan tutupan vegetasi sebesar 20% aliran permukaan semakin menurun.

Water yield pada masing-masing sub DAS memperlihatkan total hasil air dari aliran permukaan, aliran lateral dan aliran bawah tanah. Semakin banyak aliran permukaan yang terjadi mengakibatkan aliran lateral dan air tanah semakin berkurang. Tahun 2011 sub DAS 5 menghasilkan aliran permukaan sebesar 693 mm atau 84.9%, aliran lateral sebesar 3.7 mm dan aliran bawah tanah sebesar 22 mm, sehingga *water yield* menjadi 719 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil total dari *water yield* berasal dari aliran permukaan.

Analisis Aliran permukaan berdasarkan HRU (Tabel 2) bertujuan melihat penggunaan lahan yang menghasilkan aliran permukaan terbesar. Pemukiman menjadi penyumbang aliran permukaan terbesar yaitu 299 mm pada tahun 2006 kemudian meningkat menjadi 535 mm pada tahun 2011, disusul oleh sawah sebesar 221 mm dan meningkat menjadi 489 mm, pertanian lahan kering sebesar 213 mm meningkat menjadi 489 mm. Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang lima tahun aliran permukaan pada pemukiman, sawah dan pertanian lahan kering meningkat masing-masing sebesar 44.1%, 56.8% dan 35%.

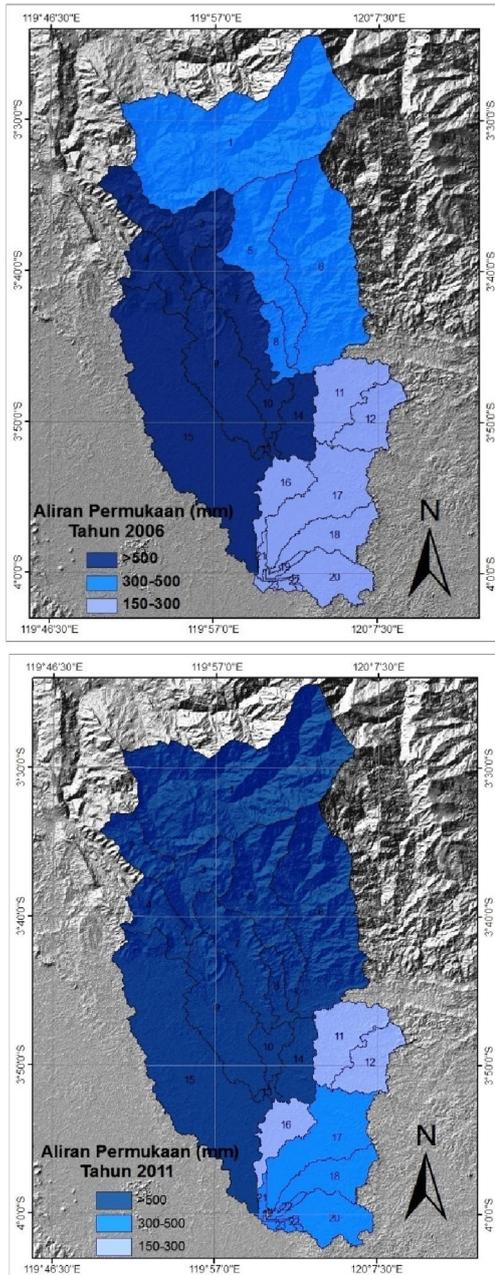
Tabel 1. Aliran Permukaan hasil model SWAT

Sub DAS	Tahun 2006				Tahun 2011			
	Hujan (mm)	SRO (mm)	% SRO dari CH	WYLD (mm)	Hujan (mm)	SRO (mm)	% SRO dari CH	WYLD (mm)
1	1 705	490	28.8	713	1 049	676	64.5	869
2	1 721	815	47.4	955	1 059	711	67.2	851
3	1 736	585	33.7	988	811	558	68.8	666
4	1 711	612	35.8	994	1 195	841	70.4	936
5	1 736	469	27.0	993	816	693	84.9	719
6	1 719	419	24.3	831	1 092	852	78.0	911
7	1 736	666	38.3	651	839	636	75.8	674
8	1 736	374	21.6	716	1 768	523	29.6	964
9	1 736	788	45.4	730	1 703	1 048	61.6	1 140
10	1 736	825	47.5	604	1 645	1 250	76.0	1 312
11	957	203	21.2	615	875	242	27.6	514
12	935	230	24.6	609	825	198	24.0	502
13	1 736	900	51.8	755	1 069	694	64.9	842
14	1 736	807	46.5	741	1 069	825	77.1	922
15	1 729	843	48.8	532	1 615	1 369	84.8	1 403

Catatan: SRO = aliran permukaan (*surface runoff*), WYLD = jumlah air (*water yield*)

Tabel 2. Tabel aliran permukaan untuk berbagai penggunaan lahan

Sub DAS	Luas (Ha)	Penggunaan Lahan	Kemiringan Lereng (%)	Aliran Permukaan (mm)	
				Tahun 2006	Tahun 2011
6	18 159	HPLK	>40	54.6	200
7	6 736	HSLK	15-25	66.4	222
15	25 576	BKRW	15-25	77.5	155
15	25 576	PDRT	15-25	78.8	128
7	6 736	SMBK	15-25	88.6	237
15	25 576	PMKN	0-8	299	535
9	10 415	SWH	15-25	221	489
7	6 736	PTLK	15-25	213	328



Gambar 4. Aliran permukaan sub DAS tahun 2006 dan tahun 2011

Tingginya aliran permukaan pada pertanian lahan kering disebabkan faktor vegetasi dengan kerapatan rendah sehingga mempercepat proses aliran permukaan terjadi. Asdak (2007) menyatakan bahwa vegetasi dapat memperlambat kecepatan aliran permukaan dan memperbesar jumlah aliran permukaan yang tertahan dipermukaan tanah (*surface detention*) sehingga menurunkan laju aliran permukaan. Penggenangan pada lahan sawah dan pengolahan tanah yang

intensif menjadi penyebab tingginya aliran permukaan. Menurut Kartasapoetra (2004), pengolahan tanah akan mengakibatkan agregat tanah pecah menjadi butiran-butiran tanah yang kecil-kecil dan ada pula yang halus. Butiran-butiran tanah yang kecil (partikel) dan yang halus akan terangkat dan terhanyutkan dengan berlangsungnya aliran permukaan (*runoff*) sedangkan sebagian akan terbawa infiltrasi dan bagian ini biasanya dapat menutupi pori-pori tanah sehingga infiltrasi air ke dalam lapisan lapisan tanah bagian dalam menjadi terhambat.

Daerah pemukiman merupakan daerah yang kedap air dikarenakan daerah pemukiman terdiri dari bangunan-bangunan yang terbuat dari bahan-bahan kedap air seperti semen, beton dan batu bata. Hasil penelitian Ali *et al* 2011 di Pakistan menunjukkan bahwa volume aliran permukaan dan debit puncak aliran semakin meningkat dengan pertambahnya daerah terbangun.

4. KESIMPULAN

Koefisien determenistik model SWAT adalah 0.75-0.86 dan nilai NSE adalah 0.62-0.70, hal ini berarti bahwa model SWAT dapat menggambarkan keadaan hidrologi DAS Bila dan valid untuk digunakan dalam menganalisis aliran permukaan. Model SWAT memperlihatkan bahwa volume aliran permukaan bertambah besar seiring berkurangnya hutan primer. Konversi hutan primer menjadi hutan sekunder meningkatkan volume aliran permukaan 40.3%. Penggunaan lahan yang memberikan kontribusi aliran permukaan adalah penggunaan lahan pemukiman, sawah dan pertanian lahan kering yang meningkat masing-masing sebesar 44.1%, 45.8% dan 35%. Hasil identifikasi potensi aliran permukaan sub DAS model SWAT memperlihatkan bahwa Kecamatan Maiwa di Kabupaten Enrekang, Kecamatan Pitu Riawa, Kecamatan Pitu Riase di Kabupaten Sidrap dan Kecamatan Maniang Pajo, Kecamatan Tana Sitolo di Kabupaten Wajo merupakan daerah dengan potensi terbesar sebagai penyumbang aliran permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 2007. *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Yogyakarta (ID): UGM Pr.
- Ali M, Khan SJ, Aslam I, Khan Z. 2011. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of Lai Nullah Basin in Islamabad, Pakistan. *Landscape and Urban Planning Journal* 102(1)271-279.
- Yustika RD. 2103. Pengelolaan lahan terbaik hasil simulasi model SWAT untuk mengurangi aliran permukaan di Sub DAS Ciliwung Hulu [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zhang J, Jiang J, Liu D, Donald LD. 2009. Vegetation coverage influence on rainfall-runoff relation based on wavelet analysis. *Journal of American Science*. 5(2) 97-104