



PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN PADASUB DAS KAMPAR KANAN

Jefrizon¹, Manyuk Fauzi², Nurdin³

¹ Teknik Sipil Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293
email : jefrykazama@gmail.com

² Teknik Sipil Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293
email : manyukfauzi@lecturer.unri.ac.id

³ Teknik Sipil Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293
email : nurdin.gis@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima : 24 November 2020

Disetujui : 22 Juni 2021

Dipublikasikan : 30 Juni 2020

Keywords:

Pengelolaan DAS,
SWAT, Penggunaan lahan, kinerja DAS

Abstrak

DAS Kampar memiliki panjang 580 km, dengan luas catchment area 21.086 km², debit maksimum 2.200 m³/dt, debit minimum 49 m³/dt. tingkat kerusakan terluas pada 4 DAS besar di Provinsi Riau terletak pada DAS Kampar mencapai 5.986 hektar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap aliran permukaan pada sub DAS Kampar kanan menggunakan model hidrologi SWAT (soil water assessment tool). Dari hasil penelitian perubahan penggunaan lahan dari tahun 2009 hingga 2018 cenderung meningkatkan precipitation dari 3866,33 mm menjadi pada 4687,94. Perubahan signifikan terjadi pada wateryield atau total jumlah air yang masuk ke sungai utama selama periode simulasi dari 1722,65 mm menjadi 3633,75 mm. Hasil kalibrasi menggunakan data debit bulanan tahun 2010 - 2011 hasil observasi dan prediksi pada SPAS Danau Binguang adalah 276,70 m³/dt dan 354,98 m³/dt. Hasil validasi menggunakan data debit bulanan tahun 2018 adalah 115,63 m³/dt dan 93,03 m³/dt. Nilai bobot dan skor dari masing-masing kinerja Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 bahwa persentase penutupan vegetasi (PPV) dengan bobot 20%, skor 0,5. Koefisien Regim Aliran dengan bobot 5%, skor 0,75, sedangkan koefisien aliran tahunan dengan bobot 5%, skor, 0,5. Jumlah total penilaian kinerja daerah aliran sungai dengan bobot 30%, skor 1,75, dan hasil penilaian adalah 16.25 sehingga hasil kinerja Sub DAS Kampar kanan adalah 0,54.

Kata Kunci: Pengelolaan DAS, SWAT, Penggunaan lahan, kinerja DAS

Abstract

Kampar watershed has a length of 580 km, with a catchment area of 21,086 km², a maximum discharge of 2,200 m³ / s, a minimum discharge of 49 m³ / s. The largest level of damage in 4 major watersheds in Riau Province is located in the Kampar

watershed, reaching 5,986 hectares. This study aims to analyze the effect of changes in land cover on surface runoff in the right sub-watershed using SWAT (hydrological model (soil water assessment tool). From the research results, changes in land use from 2009 to 2018 tend to increase precipitation from 3866.33 mm to 4687.94. Significant changes occurred in the water yield or the total amount of water entering the main river during the simulation period from 1722.65 mm to 3633.75 mm. The results of the calibration using the monthly discharge data from 2010 - 2011, the results of observations and predictions on the Lake Bingkuang SPAS were 276.70 m³ / s and 354.98 m³ / s. The results of the validation using the monthly discharge data for 2018 are 115.63 m³ / s and 93.03 m³ / s. The weight value and score of each performance of the right Kampar Sub-watershed in 2009 - 2018 shows that the percentage of vegetation cover (PPV) with a weight of 20%, a score of 0.5. Flow Regim Coefficient with a weight of 5%, a score of 0.75, while the annual flow coefficient with a weight of 5%, score, 0.5. The total number of watershed performance assessments with a weight of 30%, a score of 1.75, and the results of the assessment is 16.25 so that the performance results of the right Kampar Sub-watershed is 0.54.

Keywords: Watershed Management, SWAT, Land use, watershed performance

PENDAHULUAN

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada saat ini menjadi suatu topik diskusi yang menarik. Karena kondisi DAS di Indonesia sudah mulai mengalami penurunan akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh tingginya tekanan penduduk terhadap sumber daya yang ada dalam DAS. Perencanaan pengelolaan yang tepat dapat dilakukan guna mempertahankan dan memperbaiki kondisi DAS-DAS tersebut. Namun, perencanaan Pengelolaan DAS merupakan suatu kegiatan yang tidak mudah dilakukan, karena DAS merupakan suatu sistem yang sangat kompleks dimana terjadi saling interaksi antar semua komponen - komponennya yang membutuhkan pengetahuan dan pemahaman terhadap proses-proses yang terjadi. Disamping itu karena sifat DAS yang sangat bervariasi baik secara spasial maupun temporal sehingga laju dan dampak perubahanpun akan sangat bervariasi (Miller et al., 2002).

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu wilayah tangkapan air mampu memberikan dampak yang besar terhadap ketersediaan air suatu daerah, sehingga dalam pengelolaannya dibutuhkan perencanaan yang baik dan tepat sasaran. Dalam pengelolaan DAS sangat dibutuhkan manajemen DAS yang baik hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan

tanah, air, dan vegetasi dalam mengatasi kekeringan, banjir, pencegahan erosi tanah, serta berguna untuk meningkatkan produksi pertanian dan meningkatkan ketersediaan air secara berkelanjutan (Rao 2000).

Analisis yang dapat dilakukan untuk menggambarkan kondisi hidrologi DAS adalah dengan mengandaikan proses transformasi yang terjadi mengikuti suatu aturan tertentu dimana harus dapat menggambarkan kondisi biofisik DAS dalam proses transformasi yang disusun dalam sebuah model hidrologi (Harto, 2000). Pemilihan jenis model diperlukan untuk menentukan model yang paling sesuai dengan keadaan DAS.

Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Dengan demikian diharapkan dengan penggunaan model SWAT dapat dikembangkan beberapa skenario guna menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik. Penggunaan model SWAT dapat digunakan pada beberapa fase pengelolaan DAS.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengidentifikasi kondisi hidrologi Sub DAS Kampar Kanan menggunakan model hidrologi SWAT, (2) menganalisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap aliran permukaan Sub DAS Kampar Kanan dengan melakukan pemodelan hidrologi SWAT berdasarkan peta tutupan lahan tahun 2014 dan tahun 2018, (3) mengkaji kinerja model SWAT dalam memprediksi debit aliran sungai pada Sub DAS Kampar Kanan, (4) mengevaluasi penilaian kriteria pengelolaan Sub DAS Kampar kanan dengan melihat dampaknya terhadap indikator hidrologi DAS. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan strategi, masukan dan pertimbangan dalam pengembangan aplikasi model hidrologi spesifik untuk kawasan DAS yang ada di Provinsi Riau.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemodelan SWAT (Soil Water Assesment Tolls)

Analisis yang dapat dilakukan untuk menggambarkan kondisi hidrologi DAS adalah dengan mengandalkan proses transformasi yang terjadi mengikuti satu aturan tertentu di mana harus dapat menggambarkan kondisi biofisik DAS dalam proses transformasi yang disusun dalam sebuah model hidrologi [1]. Pemilihan jenis model diperlukan untuk menentukan model yang paling sesuai dengan keadaan DAS.

SWAT merupakan suatu model yang mampu mensimulasikan parameter-parameter hidrologi dalam jangka panjang dengan mempertimbangkan karakteristik fisik suatu DAS. Model ini pada awalnya membagi DAS menjadi beberapa SubDAS yang kemudian setiap SubDAS tersebut akan dibagi kembali menjadi beberapa unit respon hidrologi (Hidrologic Response Unit, HRU) berdasarkan tata guna lahan, jenis tanah dan kelas lereng. Dengan asumsi tidak ada hubungan antar HRU, model kemudian mensimulasikan proses hidrologi untuk setiap HRU menggunakan metode neraca air. Simulasi neraca air tersebut meliputi parameter-parameter seperti kandungan air tanah, limpasan permukaan, evapotranspirasi, perkolasi, dan aliran bawah permukaan tanah yang kembali ke sungai :

Penggunaan model sebagai satu penyederhanaan dari realitas yang sebenarnya diperlukan untuk membantu dalam memprediksi proses yang terjadi di dalam DAS. SWAT (*Soil And Water Assessment Tool*) merupakan model yang dapat memperkirakan kondisi hidrologi berbasis proses fisik, sehingga memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada satu DAS [2]. SWAT dikembangkan untuk memprediksi dampak praktek pengelolaan lahan terhadap air, sedimen dan yang lainnya yang masuk ke sungai pada satu DAS yang kompleks dengan tanah,

Fase Lahan dari Siklus Hidrologi

Simulasi siklus hidrologi pada SWAT berdasarkan pada persamaan *water balance* (Neitsch, S.L., 2005):

$$SW_i = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

SW _t	:	ketersediaan air dalam tanah (mm H ₂ O)
SW ₀	:	kandungan air dalam tanah awal (mm H ₂ O)
t	:	waktu (hari)
R _{day}	:	jumlah hujan pada hari i (mm H ₂ O)
Q _{surf}	:	jumlah aliran permukaan pada hari i (mm H ₂ O)
E _a	:	jumlah evapotranspirasi pada hari i (mm H ₂ O)
W _{seep}	:	jumlah air yang memasuki zona tak jenuh dari profil tanah

Qgw : pada hari i (mm H₂O)
: Jumlah aliran yang kembali (return flow) pada hari I (mm H₂O)

Parameter *input* faktor iklim yang digunakan dalam SWAT adalah curah hujan harian, suhu udara maksimum dan minimum, data radiasi matahari, kelembaban relatif, dan data kecepatan angin, yang dapat diambil dari catatan pengukuran atau data observasi. Kelembaban relative dan kecepatan angin diperlukan jika menggunakan Penman-Monteith (Monteith, 1965) dalam menghitung evapotranspirasi yang terjadi. *Input* suhu maksimum dan minimum yang digunakan untuk memperhitungkan suhu tanah dan air harian.

Tahap pertama dalam pemodelan menggunakan SWAT adalah melakukan delineasi DAS (watershed delineation) dan pembagian DAS menjadi sub-DAS berdasarkan data DEM. Masing-masing sub-DAS dibagi lagi menjadi area-area yang homogen yang disebut hydrologic Respond Units (HRUs) yang diturunkan dari GIS yang merupakan tumpang-susun terhadap data tanah, kemiringan, dan tata guna lahan. Pada Gambar di bawah ini ditunjukkan gambaran umum komponen-komponen yang ada dalam SWAT.

Runoff

Menurut Neitsch et. Al. (2004) SWAT menggunakan metode Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) yang digunakan untuk mendapatkan limpasan. Persamaan run-off Land Conservation Services adalah model empiris yang mulai digunakan secara umum pada 1950-an. Model dikembangkan untuk menyediakan dasar yang konsisten untuk memperkirakan limpasan pada berbagai tata guna lahan dan jenis tanah yang bervariasi. Persamaan SCS – CN dapat dilihat pada persamaan (2) dan (3)

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day-0.25})^2}{R_{day+0.85}} \dots\dots\dots(2)$$

Parameter retensi nilai nya bervariasi dikarenakan perubahan tanah, penggunaan lahan, manajemen dan lereng dan terutama karena perubahan kadar air tanah. Parameter retensi didefinisikan sebagai:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots\dots\dots(3)$$

- Rday : Jumlah hujan perhari (mm)
- Qsurf : Limpasan Permukaan (mm)
- S : Parameter retensi (mm)
- Wseep : Jumlah air yang memasuki zona tak jenuh dari profil tanah pada hari i
- CN : SCS Curve Number

Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang diamati/diukur dengan hasil simulasi. Kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang adaptif di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data debit harian observasi dengan data simulasi selama periode waktu tertentu. Parameter - parameter hidrologi DAS yang perlu dikalibrasi dalam pemakaian Model SWAT adalah bilangan kurva aliran permukaan (CN), factor alpha aliran dasar (ALPHA_BF), lama ‘delay’ air bawah tanah (GW_DELAY), kedalaman minimum air pada perairan dangkal (GWQMN), koefisien revap air bawah tanah (GW_REVAP), fraksi perkolasi perairan dalam (RCHRG_DP), faktor evaporasi tanah (ESCO), faktor uptake tanaman (EPCO), nilai Manning untuk saluran utama (CH_N2), hantaran hidrolis pada saluran utama aluvium (CH_K2), faktor alpha aliran dasar untuk bankstorage (ALPHA_BNK) dan koefisien lag aliran permukaan (SURLAG) [3].

Validasi model

Validasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi (Santhi dkk., 2001). Metode statistik yang digunakan adalah model koefisien determinasi (R^2) dan model efisiensi Nash-Sutcliffe (NS). Persamaan model yang digunakan adalah :

$$R^2 = \frac{[\sum_i(Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})(Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})]^2}{\sum_i(Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2 \sum_i(Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2}$$

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2} \right]$$

Dengan :

$Q_{obs,i}$ = debit observasi (m^3/dt),

$Q_{cal,i}$ = debit hasil simulasi (m^3/dt),

$\bar{Q}_{obs,i}$ = debit observasi rata-rata (m^3/dt),

$\bar{Q}_{cal,i}$ = debit simulasi rata-rata (m^3/dt).

Koefisien determinasi memiliki kriteria seperti pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Kriteria Nilai Koefisien Determinasi (R^2)

Nilai Koefisien Determinasi (R^2)	Interpretasi
$0,7 < R^2 < 1,0$	Pengaruh tinggi
$0,4 < R^2 < 0,7$	Pengaruh sedang
$0,2 < R^2 < 0,4$	Pengaruh rendah

$R^2 < 0,2$	Diabaikan
-------------	-----------

Sumber: Hambali (2008)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999), NSE memiliki beberapa kriteria seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 < NSE < 0,75$	Memenuhi
$NSE < 0,36$	Tidak memenuhi

Sumber: Motovilov, *et al* (1999)

METODE

Lokasi penelitian ini mengambil studi kasus di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kampar khususnya di Sub DAS Kampar Kanan yang berada di wilayah Kabupaten Kampar Provinsi Riau dan Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. Sub DAS ini memiliki luas daerah tangkapan air 5.231 km². Alur utama semula mengalir ke utara kemudian berbelok ke timur, bertemu dengan anak sungai Batang Kapur Nan Gadang, mengalir dengan kemiringan sedang melalui lembah Batubersurat. Selanjutnya bertemu dengan anak sungai Batang Mahat, mengalir ke arah timur.

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Data tabular berupa data klimatologi dan curah hujan harian stasiun pasar Kampar;
- Data peta yakni peta jenis tanah, peta DEM, peta jaringan sungai, peta DAS, dan peta penggunaan lahan.

Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kampar Kanan dilakukan melalui pendekatan *modelling* hidrologi SWAT menggunakan software ArcSWAT. Model SWAT adalah model kejadian kontinyu untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak pengelolaan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian pada DAS yang tidak memiliki alat pengukuran.

Proses delineasi DAS dilakukan menggunakan menu Watershed Delineator dan menggunakan submenu Automatic Watershed Delineation. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam membuat delineasi DAS, antara lain proses pemasukan peta DEM, penentuan jaringan sungai, penentuan outlet, proses seleksi dan penentuan outlet DAS, delineasi DAS dan penghitungan parameter sub-DAS. Pada tahap awal proses delineasi, yang dilakukan adalah

memasukkan peta DEM dan mengatur proyeksi dari DEM tersebut. Data input dari tahap ini tidak hanya peta DEM saja, melainkan juga data eksisting jaringan sungai. Hal ini dimaksudkan agar sungai yang terbentuk oleh model SWAT bisa sesuai dengan sungai eksisting.

Dalam proses membangun input data adalah memasukkan data input ke dalam basis data (database). Data input ini secara otomatis terbentuk berdasarkan delineasi DAS dan karakteristik dari penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Pembuatan input data dilakukan dengan menggunakan menu *Write Input Data*, submenu *write SWAT input tables*. Simulasi SWAT dilakukan dengan menjalankan menu *Run SWAT*. Simulasi model SWAT dapat dilakukan setelah proses input data selesai dan basis data (*database*) telah dibangun. *Run model* dimulai dengan mengisi tanggal dimana simulasi dimulai dan tanggal simulasi berakhir,

Dalam penelitian ini tidak dilakukan kalibrasi model dikarenakan tidak tersedianya data observasi debit sungai. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah skenario tata guna lahan yang terpilih dapat mengurangi banjir atau tidak didasarkan pada berkurangnya angka debit simulasi pada masing-masing skenario.

Kalibrasi adalah pengujian model agar dapat menggambarkan keadaan sebenarnya, perbandingan secara visual antara kurva debit (hidrograf) hasil simulasi dengan kurva debit hasil pengukuran stasiun pengamatan. Kalibrasi model SWAT dilakukan dengan membandingkan debit simulasi dengan hasil pengukuran debit di stasiun pengamatan. Kalibrasi dilakukan sampai hasil simulasi mendekati hasil pengukuran. Prosedur kerja kalibrasi mengikuti [2].

Analisis data dilakukan terhadap hasil kalibrasi data debit. Jika hasil kalibrasi didapatkan memuaskan atau layak maka model SWAT dapat diaplikasikan untuk berbagai kondisi dalam manajemen sumberdaya air di DAS Kampar. Model dianggap layak bila model tersebut dapat menggambarkan atau mendekati keadaan yang sebenarnya. Nilai kelayakan model dapat diukur dengan koefisien determinasi serta efisiensi model yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kondisi Hidrologi Sub-DAS Kampar Kanan Menggunakan Model Hidrologi SWAT

a. Deliniasi Sub-DAS

Deliniasi Sub-DAS Kampar kanan dilakukan menggunakan input data peta DEM dari DEMNAS dengan resolusi 3 m. Pembagian subbasin merupakan prosedur dalam SWAT dengan membagi wilayah DAS berdasarkan topografi dan jaringan sungai. Hasil dari proses delineasi telah membentuk 44 sub-DAS dengan total luasan 447.221,10 Ha, dengan luas subbasin terkecil

terletak pada subbasin 3 dengan luas 42,52 Ha sementara luasan terbesar terletak pada subbasin 44 dengan luasan 29.315,87 Ha.

Tabel 3. Luas Masing – Masing Sub – DAS Kampar Kanan

Subbasin	Luas (Ha)	Subbasin	Luas (Ha)
1	11,224.64	23	7,568.13
2	5,080.85	24	2,869.94
3	42.52	25	318.88
4	5,654.84	26	15,603.95
5	25,829.43	27	10,820.72
6	16,199.20	28	7,823.23
7	6,802.81	29	16,007.87
8	4,698.19	30	13,222.97
9	7,270.51	31	22,725.64
10	16,943.25	32	148.81
11	14,689.82	33	5,080.85
12	18,728.99	34	6,909.11
13	29,124.54	35	9,991.63
14	8,949.95	36	2,338.47
15	7,568.13	37	191.33
16	2,423.50	38	18,197.52
17	10,799.46	39	467.69
18	4,698.19	40	5,654.84
19	1,828.26	41	8,290.93
20	13,584.36	42	7,227.99
21	7,206.73	43	19,898.22
22	17,198.36	44	29,315.87
Grand Total			447,221.10

Sumber : Hasil Analisa, 2020

b. Deliniasi Sub-DAS Pembentukan Hidrologic Response Unit (HRU)

Unit Respon Hidrologi (*Hydrological Response Unit*) adalah unit analisis hidrologi yang terbentuk berdasarkan hasil overlay dari peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan peta kemiringan lereng. Peta penggunaan lahan direklasifikasi disesuaikan dengan klasifikasi penggunaan lahan dalam SWAT. Hasil pembentukan HRU memberikan informasi mengenai penggunaan lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, luas area HRU. Dalam penelitian ini diketahui bahwa jumlah HRU yang terbentuk adalah 998 FID di 44 subbasin pada Sub DAS Kampar Kanan.

Tabel 4. Reklasifikasi Penggunaan Lahan di Sub-DAS Kampar Kanan Berdasarkan Model SWAT

No	Keterangan Tutupan Lahan	Penggunaan Lahan Pada SWAT	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Semak belukar	BLKR	26,764.81	5.98
2	Semak belukar rawa	BLKS	1,020.42	0.23
3	hutan lahan kering primer	HLKP	29,379.64	6.57
4	hutan lahan kering sekunder	HLKS	120,601.10	26.97
5	hutan tanaman	HTTN	255.11	0.06
6	Pertanian lahan kering campur semak	PKCS	153,488.44	34.32
7	pertanian lahan kering	PLKK	40,859.39	9.14
8	perkebunan	PRKB	51,722.63	11.57
9	Sawah	SWAH	1,849.51	0.41
10	tubuh air	TAIR	12,393.87	2.77
11	tanah terbuka	TNHT	2,699.87	0.60
12	Pertambangan	UIDP	276.36	0.06
13	pemukiman sedang	UPSD	5,909.94	1.32
Grand Total			447,221.10	100.00

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Pemodelan Hidrologi Menggunakan Model SWAT

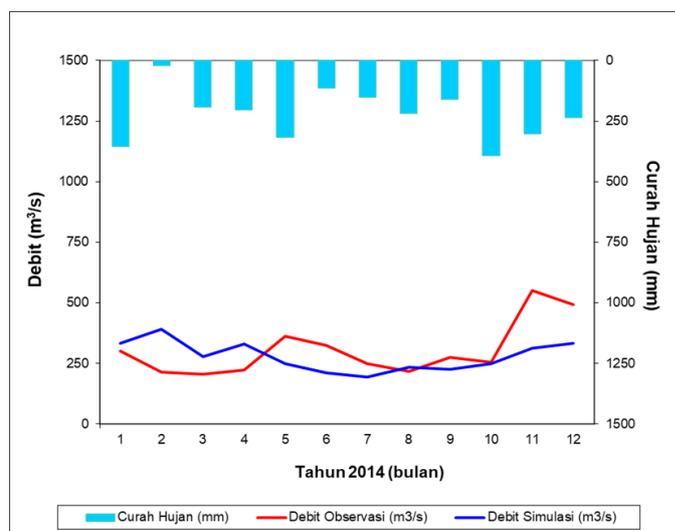
Tahap awal dalam pemodelan dalam SWAT adalah Deliniasi DAS. Hasil deliniasi dengan menggunakan peta DEM yang berasal dari DEMNAS Badan Informasi Geospasial dan peta jaringan sungai dari Badan Informasi Geospasial. Hasil deliniasi model DAS Kampar kanan terbagi menjadi 44 sub DAS dengan total luas DAS 447.221,10 ha.

Tahap kedua adalah pembentukan HRU dengan menggunakan SWAT. Unit lahan yang terbentuk oleh model SWAT yang merupakan tumpang tindih dari jenis tanah, penggunaan lahan dan kemiringan lereng yang terdapat pada daerah aliran sungai Kampar kanan disebut HRUs. HRUs yang terbentuk oleh model dengan menggunakan metode *threshold by percentage*.

Penggunaan Lahan tahun 2014

Analisis debit Sub DAS Kampar kanan (Sub DAS 2 dari SWAT Output) dilakukan menggunakan program SWAT dengan data – data yang telah dijelaskan sebelumnya, pada kondisi awal simulasi ini digunakan nilai parameter – parameter yang ditentukan oleh SWAT. Curah hujan yang terjadi pada tahun 2014 pada daerah Sub DAS Kampar kanan menunjukkan angka yang tidak terlalu tinggi sepanjang tahun. Ketika terjadi hujan yang cukup tinggi mengakibatkan debit yang akan ikut naik. Namun, saat curah hujan kecil atau tidak terjadi hujan hasil debit simulasi cenderung naik di beberapa titik dibandingkan debit terukur di lapangan.

Gambar 4. Perbandingan Grafik Hidrograf bulanan Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2014

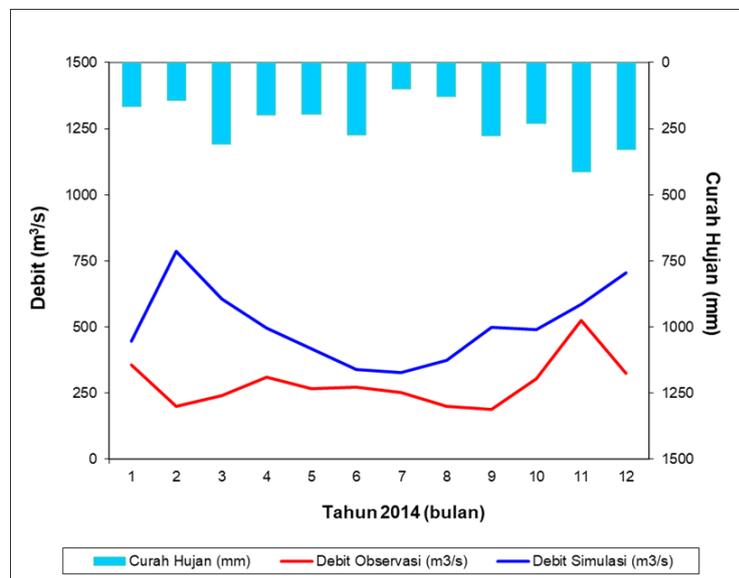


Sumber : Hasil Analisa, 2020

Penggunaan Lahan tahun 2018

Analisis debit Sub DAS Kampar kanan (Sub DAS 2 dari *SWAT Output*) dilakukan menggunakan program SWAT dengan data – data yang telah dijelaskan sebelumnya, pada kondisi awal simulasi ini digunakan nilai parameter – parameter yang ditentukan oleh SWAT. Perbandingan antara debit terukur di AWLR Danau Binguang dengan debit simulasi. Curah hujan yang terjadi pada tahun 2018 pada daerah Sub DAS Kampar kanan menunjukkan angka yang tidak terlalu tinggi sepanjang tahun. Ketika terjadi hujan yang cukup tinggi mengakibatkan debit yang akan ikut naik. Namun, saat curah hujan kecil atau tidak terjadi hujan hasil debit simulasi cenderung naik dibandingkan debit terukur dilapangan.

Gambar 5. Perbandingan Grafik Hidrograf Harian Debit Terukur dan Debit Simulasi Tahun 2018



Sumber : Hasil Analisa, 2020

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang diamati/diukur dengan hasil simulasi. Kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang sesuai di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data debit harian observasi dengan data simulasi dan dilakukan pada tahun 2009 - 2018

Hasil kalibrasi menggunakan data tahun 2010 - 2011, sedangkan validasi data tahun 2018. Parameter yang paling sensitif secara berurutan yaitu CH_K2, EPCO, ALPHA_BF, SOL_Z, GWQMN, ESCO.BSN, ESCO.HRU, SOL_AWC, EPCO, SLSUBBSN, CANMX, CH_N2, SURLAG, GW_REVAP, REVAPM, GW_DELAY, SOL_K. Setiap daerah memiliki

karakteristik tersendiri yang bervariasi sehingga parameter yang digunakan untuk kalibrasi pada suatu daerah dapat berbeda dengan daerah lainnya. Simulasi dilakukan untuk menentukan nilai yang optimal sesuai kondisi dilapangan.

Tabel 5. Parameter kalibrasi dalam Model SWAT

Parameter Name	t-Stat	P-Value
14:R__CH_K2.rte	0.040381339	0.967802980
18:R__EPCO.hru	0.050305901	0.959895910
2:V__ALPHA_BF.gw	0.222949120	0.823653465
11:R__SOL_Z(.).sol	0.248440584	0.803881325
5:V__GWQMN.gw	-0.523945014	0.600516590
7:R__ESCO.bsn	0.641198496	0.521646572
17:R__ESCO.hru	-0.717733229	0.473210269
12:R__SOL_AWC(.).sol	1.152121311	0.249745068
8:R__EPCO.bsn	-1.169840510	0.242544821
16:R__SLSUBBSN.hru	1.375349195	0.169553260
15:R__CANMX.hru	1.527908508	0.127079463
13:R__CH_N2.rte	-2.139915499	0.032777456
6:R__SURLAG.bsn	-2.495166813	0.012866206
4:V__GW_REVAP.gw	-2.721009334	0.006703324
9:R__REVAPMN.gw	6.130946472	0.000000002
3:V__GW_DELAY.gw	-10.796534854	0.000000000
10:R__SOL_K(.).sol	11.667597218	0.000000000
1:R__CN2.mgt	-133.255905901	0.000000000

Sumber : Hasil Analisa, 2020

Penilaian Kriteria Pengelolaan Sub DAS Kampar kanan

Monitoring terhadap indikator kinerja DAS tersebut dilakukan secara periodik paling sedikit setiap tahun sekali. Monitoring dan evaluasi kinerja DAS ini sangat penting untuk mengetahui apakah tujuan pengelolaan DAS telah tercapai melalui kegiatan pengelolaan DAS yang telah dilakukan dan selanjutnya dapat digunakan sebagai umpan balik perbaikan perencanaan pengelolaan DAS ke depan.

Penutupan Vegetasi

Monitoring dan evaluasi penutupan vegetasi dilakukan untuk mengetahui persentase luas lahan berpenutupan vegetasi permanen di DAS yang merupakan perbandingan luas lahan bervegetasi permanen dengan luas DAS. Vegetasi permanen yang dianalisis adalah tanaman tahunan, yang berupa hutan, semak, belukar dan kebun.

Tabel 6. Persentase Penutupan Vegetasi Sub DAS Kampar kanan Tahun 2014

Penggunaan Lahan	Luas	PPV	Nilai	Skor
Hutan	149,853.22	33.51	Sangat Baik	0.50
Perkebunan	246,091.77	55.03		
Semak Belukar	32,079.52	7.17		
Luas Sub DAS	447,210.10			
Total		95.71		

Sumber : Hasil analisa, 2020

Tabel diatas menunjukkan bahwa penggunaan lahan kategori hutan adalah 149,853.22 ha dengan PPV adalah 33.51, Penggunaan lahan kategori perkebunan adalah 246,091.77 ha dengan PPV adalah 55.03, dan penggunaan lahan kategori semak belukar adalah 32,079.52 ha dengan PPV adalah 7.17, total persentase penutupan vegetasi sub DAS Kampar kanan tahun 2014 adalah 95.71 dengan skor sekitar 0.50 sehingga dikategori sangat baik.

Untuk hasil perhitungan persentase penutupan vegetasi sub DAS Kampar kanan tahun 2018 dimana penilaian kriteria tersebut berdasarkan pengukuran luasan penggunaan lahan hutan, perkebunan dan semak belukar di sub DAS Kampar kanan, hasil PPV dapat dilihat pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Persentase Penutupan Vegetasi Sub DAS Kampar kanan Tahun 2018

Penggunaan Lahan	Luas	PPV	Nilai	Skor
Hutan	150,235.85	33.59	Sangat Baik	0.50
Perkebunan	246,070.46	55.02		
Semak Belukar	30,485.10	6.82		
Luas Sub DAS	447,210.10			
Total		95.43		

Sumber : Hasil analisa, 2020

Tabel 7 diatas menunjukkan bahwa penggunaan lahan kategori hutan adalah 150,235.85 ha dengan PPV adalah 33.59, Penggunaan lahan kategori perkebunan adalah 246,070.46 ha dengan PPV adalah 55.02, dan penggunaan lahan kategori semak belukar adalah 30,485.10 ha dengan PPV adalah 6.82, total persentase penutupan vegetasi sub DAS Kampar kanan tahun 2018 adalah 95.43 dengan skor sekitar 0.50 sehingga dikategori sangat baik.

Koefisien Rezim Aliran (KRA)

Koefisien Rezim Aliran (KRA) adalah perbandingan antara debit maksimum (Q_{maks}) dengan debit minimum (Q_{min}) dalam suatu DAS. Nilai KRA adalah perbandingan Q_{maks} dengan Q_{min} , yang merupakan debit (Q) absolut dari hasil pengamatan SPAS atau perhitungan rumus.

Sedangkan untuk daerah dimana pada masa kemarau tidak ada air disungai, maka nilai KRA adalah perbandingan Q_{maks} dengan Q_a . Q_{maks} adalah debit maksimum absolute dan Q_a adalah debit andalan ($Q_a = 0,25 \times Q$ rerata bulanan) Nilai KRA yang tinggi menunjukkan bahwa kisaran nilai limpasan pada musim penghujan (air banjir) yang terjadi besar, sedang pada musim kemarau aliran air yang terjadi sangat kecil atau menunjukkan kekeringan.

Tabel 8. Koefisien Rezim Aliran Sub DAS Kampar kanan Tahun 2009 - 2018

Tahun	Qmax	Qmin	Rata - Rata	KRA	Skor	Kelas
2009	2,006.97	119.96	376.98	16.73	1.25	Tinggi
2010	1,653.37	189.24	368.22	8.74	0.75	Rendah
2011	1,252.23	183.41	343.68	6.83	0.75	Rendah
2012	735.55	195.19	332.16	3.77	0.5	Sangat Rendah
2013	1,237.64	95.33	396.34	12.98	1	Sedang
2014	1,321.79	187.77	306.63	7.04	0.75	Rendah
2015	550.67	198.20	296.02	2.78	0.5	Sangat Rendah
2016	883.41	149.56	289.70	5.91	0.75	Rendah
2017	1,409.49	73.37	224.20	19.21	1.25	Tinggi
2018	728.60	184.86	287.54	3.94	0.5	Sangat Rendah
Rata - Rata				8.79	0.75	Rendah

Sumber :

Hasil analisa, 2020

Koefisien Aliran Tahunan (KAT)

Koefisien Aliran Tahunan (KAT) adalah perbandingan antara tebal aliran tahunan (Q, mm) dengan tebal hujan tahunan (P, mm) di DAS atau dapat dikatakan berapa persen curah hujan yang menjadi aliran (runoff) di DAS. Tebal aliran (Q) diperoleh dari volume debit (Q, dalam satuan m³) dari hasil pengamatan SPAS di DAS selama satu tahun atau perhitungan rumus dibagi dengan luas DAS (ha atau m²) yang kemudian dikonversi ke satuan mm. Sedangkan tebal hujan tahunan (P) diperoleh dari hasil pencatatan pada Stasiun Pengamat Hujan (SPH) baik dengan alat Automatic Rainfall Recorder (ARR) dan atau ombrometer.

Tabel 9. Koefisien Aliran Tahunan Sub DAS Kampar kanan Tahun 2009 - 2018

Tahun	Q Tahunan	P Tahunan	KAT	Skor	Kelas
2009	376.98	3,111.00	0.12	0.5	Sangat Rendah
2010	368.22	2,941.00	0.13	0.5	Sangat Rendah
2011	343.68	2,753.00	0.12	0.5	Sangat Rendah
2012	333.07	1,962.00	0.17	0.5	Sangat Rendah
2013	396.34	1,065.00	0.37	1	Sedang
2014	306.63	2,661.00	0.12	0.5	Sangat Rendah
2015	296.02	1,932.00	0.15	0.5	Sangat Rendah
2016	290.49	923.00	0.31	1	Sedang
2017	224.20	2,448.00	0.09	0.5	Sangat Rendah
2018	287.54	2,756.00	0.10	0.5	Sangat Rendah
Rata - Rata			0.17	0.50	Sangat Rendah

Sumber

: Hasil analisa, 2020

Tabel diatas koefisien aliran tahunan Sub DAS Kampar kanan tahun 2013 dan 2016 dikategorikan sedang dengan nilai koefisien 0.37 dan 0.31, sementara itu secara keseluruhan nilai koefisien akhir tahun pada Sub DAS Kampar kanan dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2018 memiliki rata – rata koefisien adalah 0.17 dengan nilai 0.5 dikategorikan sangat rendah.

Hasil Kinerja DAS

Parameter-parameter hasil kinerja Sub DAS Kampar kanan dibatasi dengan 2 bagian, yaitu bagian lahan adalah persentase penutupan vegetasi (PPV) dan bagian kriteria tata air adalah koefisien rezim aliran (KRA) dan koefisien aliran tahunan (KAT). Hasil Akhir kinerja DAS didapat dengan menjumlahkan hasil kali skor dengan nilai bobot masing – masing parameter kemudian dibagi dengan total persentase bobot, yaitu : $16.25 / 30 = 0.54$.

Tabel 10. Nilai Bobot dan Skor dari Masing - Masing Kinerja Sub DAS Kampar kanan Tahun 2009 - 2018

Indikator/Parameter	Bobot (%)	Skor	Hasil
A. Lahan			
- Persentase Penutupan Vegetasi	20	0.5	10
B. Tata Air			
- Koefisien Rezim Aliran (KRA)	5	0.75	3.75
- Koefisien Aliran Tahunan (KAT)	5	0.5	2.5
Jumlah Total	30	1.75	16.25

Sumber : Hasil analisa, 2020

Tabel 10 menunjukkan nilai bobot dan skor dari masing-masing kinerja Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 bahwa persentase penutupan vegetasi (PPV) dengan bobot 20%, skor 0.5 maka hasil penilaian adalah 10, Koefisien Rezim Aliran (KRA) Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 dengan bobot 5%, skor 0.75, maka hasil penilaian adalah 3.75, sedangkan koefisien aliran tahunan (KAT) Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 dengan bobot 5%, skor, 0.5, maka hasil penilaian adalah 2.5. Jumlah total penilaian kinerja Sub DAS Kampar kanan dengan bobot 30%, skor 1.75 dan hasil penilaian adalah 16.25 sehingga hasil kinerja daerah aliran sungai Indragiri adalah 0.54.

SIMPULAN

Dari hasil analisis pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap aliran permukaan pada Sub - DAS kampar kanan dengan menggunakan model hidrologi SWAT (*Soil Water Assessment Tool*), maka dapat disimpulkan hal-hal seperti berikut ini:

1. Perubahan penggunaan lahan dari tahun 2009 hingga 2018 cenderung meningkatkan precipitation dari 3866.33 mm pada tahun 2009 menjadi 4687.94 pada tahun 2018. Perubahan yang cukup signifikan terjadi pada wateryield atau total jumlah air yang masuk ke sungai utama selama periode simulasi dari 1722.65 mm pada tahun 2009 menjadi 3633.75 mm pada tahun 2018. Perubahan berikutnya terjadi pada perkolasi dimana pada tahun 2009 adalah 1928.88 mm menjadi 2337.95 mm pada tahun 2018. Begitu juga dengan

perubahan terhadap Q lateral 47.58 mm pada tahun 2009 menjadi 72.24 pada tahun 2018 dan air tanah 1036.11 mm pada tahun 2009 menjadi 2214.21 pada tahun 2018.

2. Perubahan yang terjadi pada aliran permukaan adalah 647.63 mm pada tahun 2009 menjadi 1356.34 mm pada tahun 2018. Meningkatnya aliran permukaan disebabkan berkurangnya kemampuan tanah meretensi air, akibatnya semakin besar jumlah curah hujan yang langsung menjadi debit.
3. Persentase Penutupan Vegetasi (PPV) rata-rata Sub DAS Kampar kanan tahun 2014 dan tahun 2018 adalah 95.57, dikategorikan nilai sangat baik dengan skor 0.50. koefisien rezim aliran (KRA) rata-rata Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 hingga tahun 2018 adalah 8.79, dikategorikan nilai rendah dengan skor 0.75. Koefisien aliran tahun (KAT) Sub DAS Kampar kanan Rata-rata koefisien aliran tahunan tahun 2009 - 2018 adalah 0.17 sehingga dapat dikategorikan nilai sangat rendah dengan skor 0.5.
4. Nilai bobot dan skor dari masing-masing kinerja Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 bahwa persentase penutupan vegetasi (PPV) dengan bobot 20%, skor 0.5 maka hasil penilaian adalah 10. Koefisien Regim Aliran (KRA) Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 dengan bobot 5%, skor 0.75, maka hasil penilaian adalah 3.75, sedangkan koefisien aliran tahunan (KAT) Sub DAS Kampar kanan tahun 2009 - 2018 dengan bobot 5%, skor, 0.5, maka hasil penilaian adalah 2.5. Jumlah total penilaian kinerja daerah aliran sungai dengan bobot 30%, skor 1.75 , dan hasil penilaian adalah 16.25 sehingga hasil kinerja Sub DAS Kampar kanan adalah 0.54.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, K. C, 2015, SWAT-CUP : SWAT calibration and uncertainty programs-a user manual, Ewag : Swiss Federal Institute of Aquatic Technology.
- Arnold, J.G., Kiniry J.R.,Williems, J.R., 2005. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation version 2005, Agricultur Research Servic US,Texas, <http://www.http.brc.tamus.edu/swat/document.html>, [31 Oktober 2015].
- Hambali, R. 2008. Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock. Bahan Ajar. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada
- Harto S.1993. Analisis Hidrologi. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 300 hal.
- Junaidi E., 2009. Kajian Berbagai Alternatif Perencanaan Pengelolaan DAS Cisadane Menggunakan Model SWAT, Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mangundikoro, A., 1985. Watershed Management in Indonesia. Proc. Of the Symposium on Watershed and Conservation for Productive and Protective Uplands in ASEAN Region, College, Laguna, Phillippines, 25-29 June 1984.

- Motovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K., Rodhe, A., 1999. Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations, Elsevier Agricultural and Forest Meteorology, 98 : 257-277.
- Neitsch, S.R., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., 2005. Soil and Water Assessment Input/Output File Documentation version 2005, Agricultur Research Servic US, Texas. <http://www.http.brc.tamus.edu/swat/document.Html>, [31 Oktober 2015].
- Ridwansyah, I, H. Pawitan, N. Sinukaban, dan Y. Hidayat, 2014, Watershed modeling ArcSWAT and SUFI 2 in Cisadane catchment area : Calibration and validation to prediction river flow, International Journal of Science and Engineering (IJSE) 6 (2) : 12 - 21.
- Rau M.I., 2012. Analisis Debit Sungai Dengan Menggunakan Model Swat Pada Das Cipasauran Banten, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Santhi, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., dan Hauck, L.M., 2001, Validation of The SWAT Model on A Large River Basin With Point and Nonpoint Source, Journal of The American Water Resources Association, October 2001, Vol.37, No.5, American Water Resources Association.
- Santika, P, 2017. Skenario Pengurangan Banjir Berdasarkan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT
- Singh, V.P., A.W. David. 2002. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology. Journal of Hydrology Engineering. American Society Civil Engineering. p270-292.
- Wibowo, S., 2004. Masalah Degradasi Lahan dan Upaya Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Prosiding Seminar Degradasi Lahan dan Hutan, Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia, Universitas Gadjah Mada dan Departemen Kehutanan