

**PENGGUNAAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
DALAM PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI MENGGUNAKAN
MODEL SOIL AND WATER ASSESMENT TOOL (SWAT)**

**Nurdin¹, Muhammad Shalahuddin², Fakhri³, Ermiyati⁴,
Alfian Malik⁵, Horas Saut MM⁶.**

¹⁻⁶Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNRI

Koresponden¹ : nurdin.gis@gmail.com

(Diterima 22 Agustus 2022 | 23 Agustus 2022 Disetujui | 30 September 2022 Diterbitkan)

**SOIL WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT) MODEL BASED ON GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS (GIS) USED IN WATERSHED MANAGEMENT**

Abstract

The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model which is integrated with the Geographic Information System (GIS) can provide an overview or prediction of the influence of land management on watershed hydrology in accordance with the interests of evaluating and monitoring watershed management activities. The purpose of this study was to analyze the management of the Bukit Suligi Micro sub-watershed based on land use patterns, as a basis for determining the best recommendations for Forest and Land Rehabilitation activities by planting forestry trees based on community participation in Sei Kuning Village, Tandun District, Rokan Hulu Regency. The research method is processing primary and secondary data using a SWAT model integrated with GIS in analyzing hydrological characteristics in land use scenarios in the management of the Bukit Suligi Micro Watershed, as a basis for determining the best recommendations in Forest and Land Rehabilitation (RHL). community participation-based forestry tree planting activities in the Village. The best option in the land use scenario is the second scenario, which in its implementation in the field is the application of agroforestry to the existing Protected Forest Rehabilitation, only needing to insert forest plants based on community participation in Sei Kuning Village, Tandun District, Rokan Hulu Regency.

Keywords : DEM, Hydrology, Soil, Land Use, SWAT

PENDAHULUAN

Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) Tahun 2019 Blok kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Suligi Desa Sei. Kuning, Kecamatan Tandun Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau seluas 192 ha telah disusun oleh Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan Republik Indonesia melalui Balai Pengelolaan-Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BP-DASHL) Indragiri Rokan pada 2019. Kegiatan RHL ini bermaksud untuk merehabilitasi hutan dan lahan secara terpadu dan terencana dengan melibatkan semua instansi pemerintah terkait, swasta dan masyarakat, agar kondisi lingkungan hulu sungai kembali berfungsi sebagai daerah resapan air hujan yang baik.

Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) adalah upaya untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas dan peranannya dalam mendukung kehidupan tetap terjaga. Sebenarnya kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan adalah penerapan kaidah-kaidah konservasi tanah, air dan vegetasi yang disesuaikan dengan keadaan dan tingkat kerusakan lahannya dan dilaksanakan melalui tahapan pemulihan (rehabilitasi) dan pelestarian (Ruslan *et al.* 2016). Surtiani dan Budiati (2015) mengatakan model evaluasi menggunakan multikriteria dan variabel dengan pendekatan *collaborative management* dan pengelolaan DAS terpadu sangat tepat untuk mengevaluasi keberhasilan RHL pada suatu DAS.

Penelitian terdahulu tentang penggunaan lahan suatu DAS telah dilakukan oleh (Lutfi, 2014 ; Edi, 2015; Hidayat *et al.* 2016; Staddal, 2016) menggunakan model hidrologi yang dapat menggambarkan proses perubahan pada DAS dalam memprediksi aliran permukaan menggunakan model Soil & Water Assessment Tool (SWAT). Berdasarkan Lin *et al.* (2015) model SWAT merupakan salah satu model yang paling banyak diterapkan dan dikaji dalam mensimulasikan proses dalam DAS. Arnold *et al.* (2012) menyebutkan bahwa model SWAT telah dikembangkan pertama kali pada awal 1990-an oleh USDA untuk mengevaluasi dampak dari penerapan pengelolaan alternatif pada sumberdaya suatu DAS, Neitsch *et al.* (2005) memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dalam suatu DAS. Model SWAT dapat memberikan gambaran atau prediksi dari pengaruh pengelolaan lahan terhadap hidrologi DAS (Hernandez *et al.* 2000; Wang *et al.* 2008; Suryani dan Tarigan (2015)), sehingga penerapan model SWAT sesuai dengan kepentingan evaluasi dan monitoring kegiatan pengelolaan DAS.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengelolaan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi berdasarkan pola penggunaan lahan, sebagai dasar penetapan rekomendasi terbaik dalam kegiatan Rehabilitasi Hutan Lindung (RHL) dengan melakukan penanaman pohon Kehutanan berbasis partisipasi masyarakat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Kegiatan

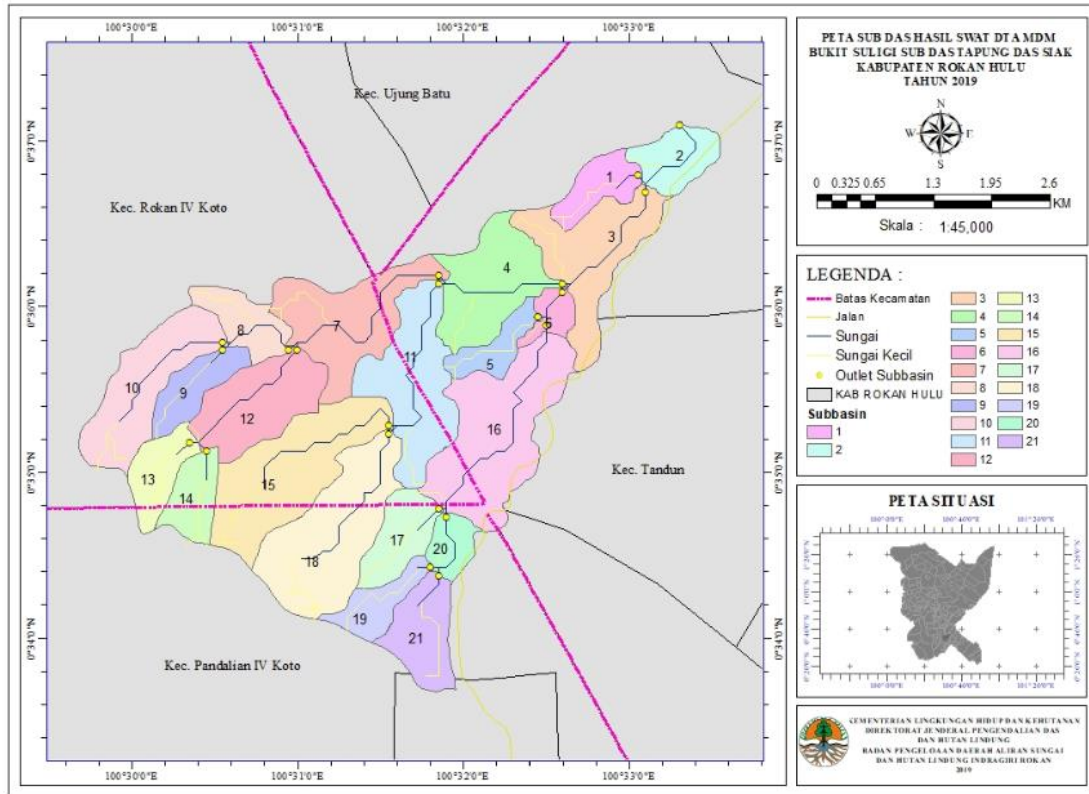
Kegiatan dilakukan di DAS Mikro Bukit Suligi Desa Sei. Kuning Kecamatan Tandun, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau selama 5 bulan seperti yang disajikan dalam Gambar 1.

Bahan dan Alat

Bahan yang dibutuhkan dalam proses input data model ArcSWAT adalah ; Data citra STRM scan ASTGTM2_N00E100 dan ASTGM_S01E100 untuk keperluan Digital Elevation Model (DEM), Peta Jenis Tanah Skala 1: 250.000, Data hidrologi (Data curah hujan, temperatur maksimum-minimum, kelembaban, radiasi matahari, dan angin) tahun 2013 – 2017, Data sifat fisik tanah (kedalaman solum tanah, ketebalan horizon, tekstur tanah, bobot isi, kapasitas air tersedia, konduktivitas hidrolis jenuh, C-organik, albedo tanah dan KUSLE).

Peralatan yang digunakan antara lain ; Global Positioning System (GPS) untuk menentukan posisi absolut titik-titik pengamatan lokasi pengambilan sampel. Peralatan

untuk pengambilan sampel uji tanah; seperangkat komputer pengolah data; software ArcGIS pengolah peta dan pemodelan ArcSW AT; Software ArcSWAT 2012; dan Microsoft's Office.



Gambar 1. Peta Lokasi Sub-DAS Mikro Bukit Suligi

Sumber : Hasil Deliniasi Sub-DAS Mikro Bukit Suligi dalam Peta ADM Kab. Rokan Hulu Tahun 2019

Metode

Koefisien Aliran Tahunan (KAT), Koefisien Rezim Aliran (KRA) dan sedimentasi dalam berbagai skenario penggunaan lahan yang dapat digunakan untuk dalam pengelolaan Sub DAS Mikro Bukit Suligi. Kebutuhan analisis tata air menggunakan model hidrologi SWAT sesuai Perdirjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial Nomor: P. 2/V-Das/2015 dan sejalan dengan Mubarak *et al.* (2015) dengan langkah berikut :

1. Pengumpulan Data

Data biofisik ini dikelompokkan dalam data penggunaan lahan menggunakan perangkat SIG dan tata air dengan perangkat ArcSWAT yang terintegrasi di SIG dan aplikasi Soil Water Assessment Tool-Calibration and Uncertainty Program (SWAT-CUP) dengan langkah kerja;

- Peta tanah (skala 1:250.000)
- Peta penggunaan lahan tahun 2013, 2018, (skala 1:100.000) dari interpretasi citra Landsat (Ditjen Planologi KLHK).
- Peta topografi (kelerengan tanah)

- c) Digital Elevation Model (DEM) dari US Geological Survey.
- d) Data sifat fisik Laboratorium Uji Tanah Faperta Unri pada sampel tanah Sub DAS Bukit Suligi
- e) Data iklim dari BMKG Bandar Udara Sultan Syarif Kasim Pekanbaru
- f) Data hidrologi dari Balai Wilayah Sungai Sumatera III

2. Pengolahan Data Inputan

- a) Deliniasi DAS (*Watershed Deliniator*) dengan data input berupa data DEM.
- b) Analisis pembentukan *Hidrological Response Unit* (HRU) dengan data input peta penggunaan lahan, peta topografi (kelerengan tanah), peta dan kelengkapan sifat fisik tanah.
- c) Keperluan basis data iklim (*Weather Generator Data*) dilakukan dengan membuat data generator iklim (*weather generator data*) yang diambil dari hasil perhitungan data curah hujan, suhu, radiasi matahari, kelembaban, dan kecepatan angin.

3. Menjalankan Model SWAT

- a) Deliniasi (*Watershed Deliniator*) dalam hal ini Sub-DAS Mikro Bukit Suligi dengan langkah : input data DEM (*add DEM grid*), penentuan jaringan sungai (*stream definition*), penentuan outlet (*outlet and inlet definition*), seleksi dan penentuan outlet DAS (*watershed outlet selection and definition*), dan perhitungan parameter sub DAS (*calculate subbasin parameter*).
- b) Analisis HRU berupa pendefinisian data masukan dengan meng-overlay masing-masing peta penggunaan lahan, peta tanah, dan kelas lereng (*Landuse/Soil/Slope definition*).
- c) Basis data iklim (*Weather Generator Data*) model SWAT yang dioperasikan melalui sub-menu weather data definition. Pada tahap ini dilakukan masukan data iklim berupa; curah hujan, temperatur, kelembaban, radiasi matahari, dan kecepatan angin.
- d) Membangun data untuk masukan model SWAT berdasarkan masukan pada tahap 1 hingga 3 terbentuk secara otomatis dengan memilih sub menu Write All.
- e) Simulasi SWAT (*SWAT Simulation*) dimulai pemilihan waktu yang digunakan untuk disimulasikan pada mode Run SWAT. Penyimpanan data output hasil simulasi dilakukan dengan memilih Read SWAT output.

4. Kalibrasi dan Validasi

Proses kalibrasi dalam kasus ini merupakan penyesuaian kombinasi nilai parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi Sub- DAS Mikro Bukit Suligi, diharapkan diperoleh model yang mendekati hasil pengukuran. Kalibrasi merupakan pengujian model agar dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya, sedangkan validasi adalah perbandingan secara visual antara kurva debit hasil simulasi dengan kurva hasil pengukuran stasiun pengamatan. Dalam proses kalibrasi dan validasi analisis statistik menggunakan koefisien Nash Sutcliffe (NS), dan koefisien determinasi (R^2) seperti yang dilakukan Mechram *et al.* (2012), Hunink *et al.* (2013), Adeniyi *et al.* (2014), an (Abbaspour *et al.* 2015). Koefisien Nash Sutcliffe (NS) dan koefisien determinasi (R^2) atau persamaan linier dihitung sesuai dengan rumus:

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum (Q_{si} - Q_{mi})^2}{\sum (Q_{si} - \bar{Q}_{mi})^2} \right] \quad (1)$$

Dimana, Q_{si} variabel pengamatan (debit actual), Q_{mi} variabel hasil simulasi (debit hasil model), \bar{Q} variabel rata-rata (rata-rata debit terukur) . Koefisien *Nash Sutcliffe (NS)* menurut Moriassi *et al.* (2007) ada 4 kelas yaitu; Sangat baik jika $0,75 < NS \leq 1,00$; 2), Baik jika $0,65 < NS \leq 0,75$, memuaskan jika $0,50 < NS < 0,65$, dan kurang memuaskan jika $NS < 0,50$.

Koefisien determinasi (R^2) atau persamaan linier dihitung dengan;

$$R^2 = \frac{[\sum (Q_{mi} - \bar{Q}_m)(Q_{si} - \bar{Q}_{si})]^2}{[(Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2 (Q_{si} - \bar{Q}_s)^2]} \quad (2)$$

Dimana, Q_{si} adalah variabel pengamatan (debit aktual) terukur (mm), \bar{Q}_{si} variabel rata-rata pengamatan (debit aktual rata-rata) terukur (mm), Q_{mi} variabel perhitungan model (debit hasil simulasi) (mm), \bar{Q}_m rata-rata perhitungan model (debit hasil simulasi) (mm), nilai R^2 sesuai dengan Abbaspour *et al.* (2015) nilainya antara 0–1.

5. Analisis Karakteristik Hidrologi berdasarkan Skenario Penggunaan Lahan

Data penggunaan lahan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi ini adalah penggunaan lahan Tahun 2013 dan Tahun 2018. Penggunaan data iklim pada model SWAT dengan rentang 10 tahun, data iklim untuk proses warming-up adalah data Tahun 2009 – 2010, proses kalibrasi data iklim Tahun 2011 – 2014, sedangkan proses kalibrasi data iklim Tahun 2015 – 2018. Penggunaan lahan Tahun 2013 ada pada proses kalibrasi sedangkan penggunaan lahan Tahun 2018 berada pada proses kalibrasi dengan perbedaan penggunaan lahan selama 5 tahun dan saat penelitian data penggunaan yang update adalah Tahun 2018. Analisis dampak penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi menggunakan model SWAT berdasarkan Perdirjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial No. P.2/V-SET/2015 di antaranya ;

Hasil air (*Water Yield*) dihitung dengan persamaan ;

$$W_{yld} = Q_{surf} + Q_{lat} + Q_{gw} - tloss - pond \quad (3)$$

Dimana, W_{yld} adalah total (jumlah) air yang masuk ke sungai utama/waduk selama periode simulasi (mm), Q_{surf} adalah aliran permukaan pada hari ke-i (mm), Q_{lat} adalah jumlah aliran lateral yang masuk ke sungai utama pada hari ke-i (mm), Q_{gw} adalah aliran bawah permukaan atau *base-flow* pada hari ke-i (mm), $tloss$ adalah air yang hilang dari sungai karena adanya pengaliran permukaan (mm), $pond$ adalah air yang di kolam penampungan/embung(mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deliniasi DAS dengan Model SWAT

Analisis deliniasi Sub-DAS Mikro Bukit Suligi berupa pemasukan data DEM grid (*add DEM grid*), penentuan jaringan sungai (*stream definition*), seleksi dan penentuan outlet DAS (*watershed outlet selection and definition*), serta menghitung parameter Sub-DAS (*calculate subbasin parameter*). Selanjutnya adalah berupa pembentukan HRU (*Hidrological Responce Unit*), input data iklim, pembangunan data masukan model, dan running SWAT. Berdasarkan proses delineasi DAS maka terbentuklah jaringan sungai utama, serta batas DAS dengan total luas 1.881,61 ha terdiri atas 21 Sub-DAS. DAS 16 merupakan Sub-DAS terbesar yaitu 10,39% dari total luas Sub-DAS Mikro Bukit Suligi sedangkan Sub-DAS 22 adalah sub-DAS terkecil sebesar 1,26%.

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Tipe penggunaan lahan antara tahun yang berbeda, memiliki persebaran yang beragam dan bersifat heterogen, dengan hasil interpretasi menunjukkan tren perubahan vegetasi rapat berukuran besar ke vegetasi rendah berukuran sedang, yang dipicu oleh adanya pemanfaatan lahan intensif. Dari lima jenis dataset curah hujan, data TRMM memiliki akurasi terbaik (Ramadhani *et al.* 2021). Sedangkan menurut Staddal (2016), penggunaan lahan yang mempengaruhi besar aliran permukaan adalah penggunaan lahan untuk pemukiman, sawah dan pertanian lahan kering.

Hasil kajian selama kurun waktu tahun 2013–2018 seperti diperlihatkan dalam Tabel 1 menunjukkan terjadinya peningkatan pada kawasan pertanian lahan kering bercampur semak seluas 542,21 ha (28%) dari luas Sub-DAS Mokro Bukit Suligi, namun terjadi penurunan pada kawasan hutan lahan kering sekunder, semak belukar, dan lahan terbuka dengan luas masing-masing adalah 336,88 ha (17,90%), 142,85 ha (7,59%) dan 62,48 ha (3,32%). Dari hasil analisis peningkatan kawasan pertanian lahan kering bercampur semak ini merupakan hasil konservasi dari kawasan hutan lahan kering sekunder, semak belukar, dan lahan terbuka. Hal ini menunjukkan aktivitas penduduk sekitar Sub-DAS Mikro Bukit Suligi sangat tergantung dari jenis usaha pada bidang pertanian lahan kering bercampur semak tersebut, namun tidak dapat menunjukkan indikator pertambahan penduduk karena kawasan pemukiman tidak terlihat adanya penambahan maupun pengurangan. Secara Berkurangnya hutan lahan kering sekunder, lahan terbuka, dan semak belukar tergantikan oleh Pertanian lahan kering campur semak, sehingga lahan secara vegetatif jadi bertambah.

Tabel 1. Perubahan Penggunaan Lahan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi Tahun 2013 dan 2018

Kelas Penggunaan Lahan	Tahun 2013		Tahun 2018		Perubahan	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Hutan Lahan Kering Sekunder	460,21	24,46	123,34	6,55	-336,88	-17,90
Lahan Terbuka	62,48	3,32	0,00	0,00	-62,48	-3,32
Pemukiman	71,74	3,81	71,74	3,81	0,00	0,00
Perkebunan	0,21	0,01	0,21	0,01	0,00	0,00
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	1.116,12	59,32	1.658,33	88,13	542,21	28,82
Semak Belukar	170,85	9,08	28,00	1,49	-142,85	-7,59
Jumlah	1.881,61	100,00	1.881,61	100,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Olahan Peta Penggunaan Lahan dari KLHK

Kalibrasi dan Validasi Model

Proses kalibrasi dan validasi pada kajian ini tidak dapat dilakukan dikarenakan Sub-DAS Nikro Bukit Suligi tidak mempunyai data *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) sehingga data debit tidak tersedia. Namun melihat beberapa penelitian di pulau Sumatera dan di DAS Kampar bagian hulu diantaranya; Mubarok *et al.* (2015) di DAS Way Betung – Lampung pada kalibrasi dengan $NS = 0,72$ klasifikasi memenuhi syarat (*qualified*) uji NS ($0,36 < NS < 0,75$), dan $R^2 = 0,88$ klasifikasi kuat ($R^2 > 0,67$). Pada tahap validasi dengan $NS = 0,70$ klasifikasi memenuhi syarat (*qualified*) uji NS ($0,36 < NS < 0,75$), $R^2 = 0,86$ klasifikasi kuat ($R^2 > 0,67$), selanjutnya Nurdin (2019) di DAS Kampar Bagian Hulu pada kalibrasi nilai $NS = 0,75$ klasifikasi memenuhi syarat (*qualified*), dan $R^2 = 0,70$ klasifikasi kuat ($R^2 > 0,67$). Pada tahap validasi $NS = 0,64$ klasifikasi memenuhi syarat (*qualified*) uji NS ($0,36 < NS < 0,75$), $R^2 = 0,60$ klasifikasi memenuhi syarat ($0,33 < R^2 < 0,67$). Walaupun dalam kajian ini tidak dapat dilakukan dikalibrasi dan divalidasi, berdasarkan uji NS dan R^2 , melihat pada 2 penelitian di atas untuk wilayah yang berdekatan terutama DAS Kampar bagian hulu sehingga pada kajian di Sub-DAS Mikro Bukit Suligi ini tidak akan terlalu jauh berbeda.

Analisis Simulasi Penerapan Penggunaan Lahan Eksisting terhadap Karakteristik Hidrologi

Penggunaan lahan yang digunakan pada kondisi existing adalah penggunaan lahan tahun 2013 Tahun 2018 untuk Sub-DAS Mikro Bukit Suligi sesuai dengan hasil deliniasi adalah 1.881,61 ha. Karakteristik hidrologi hasil simulasi untuk Tahun 2013 dan Tahun 2018 disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Berdasarkan simulasi penggunaan lahan hasil air (*Water Yield*) Tahun 2013 = 1.320,91 mm < Tahun 2018 = 1.365,91 mm, aliran permukaan (*Qsurf*) Tahun 2013 = 859,15 < 931,14 mm, sedimentasi (*Sed Yield*) Tahun 2013 = 63,53 ton/ha/tahun > Tahun 2018 = 63,13 ton/ha/tahun. Hasil air (*Water Yield*) lebih baik, aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dan sedimentasi (*Sed Yield*) juga lebih baik untuk penggunaan lahan tahun 2018 dibandingkan dengan penggunaan lahan Tahun 2013. Hal ini dikarenakan bertambahnya luas penggunaan lahan secara vegetatif yang berubah dari hutan lahan kering sekunder ke pertanian lahan kering campak yang menyebabkan kecilnya aliran permukaan sehingga berimbas pada kecilnya sedimentasi yang terbawa aliran tersebut.

Tabel 2. Karakteristik Hidrologi Hasil Simulasi Bulanan Penggunaan Lahan Tahun 2013

MON	RAIN FALL (mm)	QSURF (mm)	QLAT (mm)	WATER YIELD (mm)	ET (mm)	SED YIELD (t/ha)	PET (mm)
1	237,26	70,32	19,38	167,92	86,11	7,78	207,92
2	182,09	45,38	13,57	122,64	110,09	3,09	188,03
3	174,48	26,81	12,92	78,70	143,44	0,56	263,33
4	209,69	52,30	14,52	83,88	122,23	0,46	279,78
5	224,73	47,57	17,50	81,34	102,33	1,01	285,69
6	102,28	26,47	7,94	54,47	46,93	2,36	271,00
7	85,93	13,29	6,20	36,63	46,51	1,67	249,08
8	161,15	49,59	11,45	77,11	60,35	9,26	292,34
9	144,48	41,74	10,41	76,23	62,06	7,95	252,27
10	215,14	68,57	16,19	116,61	65,72	13,24	247,55
11	334,46	115,28	27,31	190,81	86,28	21,93	234,39
12	266,28	85,20	23,53	183,86	70,56	16,21	207,38
JUMLAH	2.337,97	642,52	180,92	1.270,20	1.002,61	85,52	2.978,76

Tabel 3. Karakteristik Hidrologi Hasil Simulasi Bulanan Penggunaan Lahan Tahun 2018

MON	RAIN FALL (mm)	QSURF (mm)	QLAT (mm)	WATER YIELD (mm)	ET (mm)	SED YIELD (t/ha)	PET (mm)
1	237,26	98,29	14,08	164,46	98,89	8,30	207,92
2	182,09	51,47	11,03	100,85	141,88	0,79	188,03
3	174,48	34,49	11,88	60,52	110,34	0,40	263,33
4	209,69	90,98	12,17	110,95	59,16	0,83	279,78
5	224,73	96,72	13,53	128,37	68,84	1,12	285,69
6	102,28	39,72	6,08	70,15	44,58	0,84	271,00
7	85,93	22,73	4,92	44,16	44,37	0,70	249,08
8	161,15	69,93	8,27	88,75	58,25	5,13	292,34
9	144,48	58,06	7,66	80,69	60,38	3,28	252,27
10	215,14	95,76	11,76	126,90	64,42	7,58	247,55
11	334,46	156,18	20,17	206,64	85,11	19,88	234,39
12	266,28	116,81	17,82	183,47	69,84	14,28	207,38
JUMLAH	2.337,97	931,14	139,37	1.365,91	906,06	63,13	2.978,76

Analisis Skenario Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi

Perencanaan pengelolaan DAS Mikro Bukit Suligi dilakukan dengan Program Agroforestri sejalan dengan Guntara (2013) berupa suatu sistem pengelolaan lahan secara intensif dengan mengkombinasikan tanaman kehutanan dan tanaman pertanian agar diperoleh hasil yang maksimal dengan tidak mengesampingkan aspek konservasi lahan serta budidaya praktis masyarakat lokal.

Penggunaan Lahan Tahun 2018 dijadikan sebagai *base line* penyusunan Skenario I, Skenario II dan Skenario III yang kemudian disimulasi menggunakan Model SWAT. Diskripsi Penggunaan Lahan Tahun 2018 sebagai *base line* penyusunan Skenario I, Skenario II dan Skenario III disajikan dalam Tabel 4.

Penggunaan lahan Tahun 2018 sebagai dasar skenario dengan memodifikasi jenis-jenis penggunaan yang ada dalam bentuk kawasan agroforestri. Pada skenario I penggunaan lahan yang dimodifikasi adalah semak belukar dan perkebunan dijadikan kawasan agroforestri, skenario II pertanian lahan kering campur semak dijadikan kawasan agroforestri dan skenario III semak belukar, perkebunan, dan pertanian lahan kering campur semak dijadikan kawasan agroforestri. Karakteristik hasil simulasi dengan model SWAT terhadap masing-masing skenario penggunaan lahan untuk keperluan analisis pengelolaan lahan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi disajikan dalam Tabel 5.

Pada skenario I aliran permukaan (Q_{surf}) = 957,01 mm > Q_{surf} eksisting = 956,51 mm, hasil air ($Water Yield$) = 1.310,87 mm > $Water Yield$ eksisting = 1.308,18 mm, dan sedimentasi ($Sed Yield$) = 97,63 ton/ha/ > $Sed Yield$ eksisting = 96,19 ton/ha. Karakteristik hidrologi pada skenario I hanya total air ($Water Yield$) lebih baik dari kondisi eksisting, sedangkan berdasarkan aliran permukaan (Q_{surf}) dan sedimentasi ($Sed Yield$) kondisi eksisting lebih baik dari skenario I.

Tabel 4. Diskripsi Penggunaan Lahan Tahun 2018 dan Skenario Penggunaan Lahan I, II dan III

No	Penggunaan Lahan Tahun 2018 (<i>Base Line</i>)	Skenario I	Skenario II	Skenario III
1	Hutan lahan kering sekunder	Hutan lahan kering sekunder	Hutan lahan kering sekunder	Hutan lahan kering sekunder
2	Semak belukar	Agroforestri	Semak belukar	Agroforestri
3	Perkebunan	Agroforestri	Perkebunan	Agroforestri
4	Pemukiman	Pemukiman	Pemukiman	Pemukiman
5	Pertanian lahan kering campur semak	Pertanian lahan kering campur semak	Pertanian lahan kering campur semak/RHL (Agroforestri)	Agroforestri

Sumber : Rancangan Skenario Penggunaan Lahan Tahun 2019

Tabel 5. Karakteristik Hidrologi terhadap Modifikasi Penggunaan Lahan

Karakteristik Hidrologi	Satuan	Kondisi Eksisting	Kondisi Hasil Simulasi		
		2018	Skenario I	Skenario II	Skenario III
<i>Rain Fall</i>	mm	2.339,56	2.339,56	2.339,56	2.339,56
<i>Q_{surf}</i>	mm	956,51	957,01	940,16	606,50
<i>Water Yield</i>	mm	1.308,18	1.310,87	1.311,68	1.397,77
<i>Sed Yield</i>	ton/ha	96,19	97,63	97,50	135,14

Sumber : Karakteristik Hidrologi Simulasi Skenario Penggunaan Lahan hasil olahan Tahun 2019

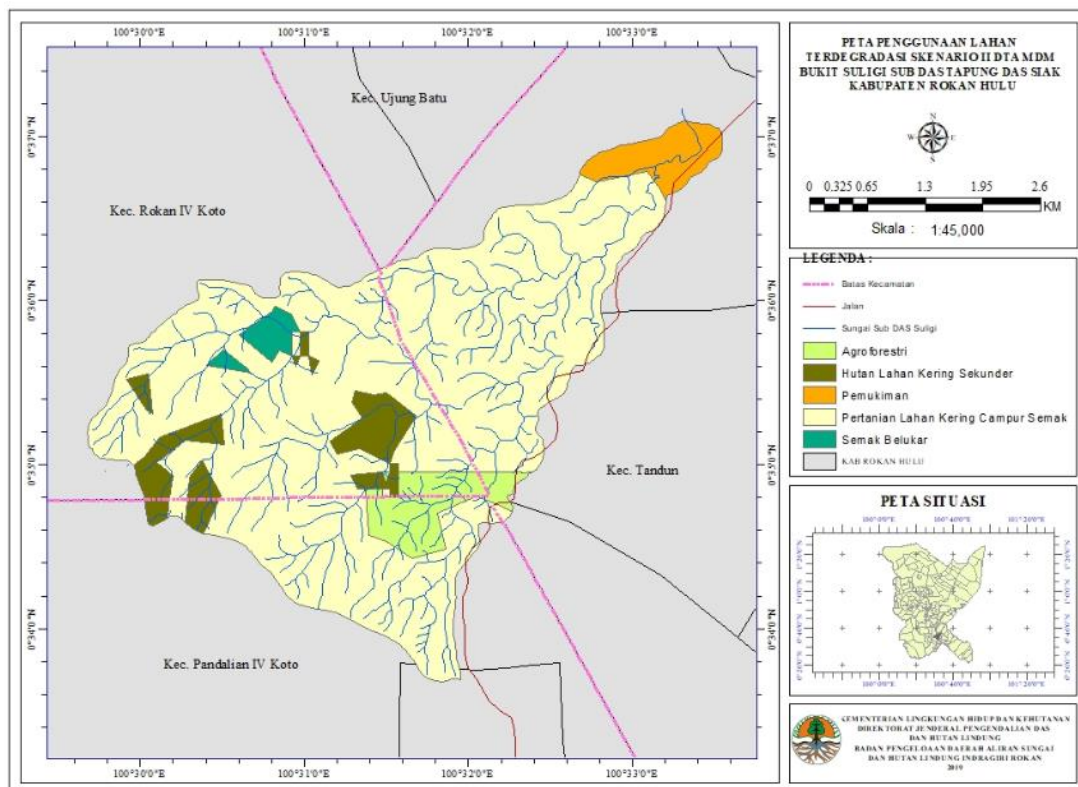
Pada Skenario II aliran permukaan (Q_{surf}) = 940,15 mm < Q_{surf} eksisting = 956,51 mm, hasil air ($Water Yield$) = 1.311,68 mm > $Water Yield$ eksisting = 1.308,18 mm, dan

sedimentasi (*Sed Yield*) = 97,50 ton/ha/tahun > *Sed Yield* eksisting = 96,19 ton/ha/tahun. Karakteristik hidrologi pada skenario II dilihat dari aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I, hasil air (*Water Yield*) sedikit kurang baik dari kondisi eksisting dan skenario I, berdasarkan sedimentasi (*Sed Yield*) kondisi eksisting dan Skenario I dan kondisi scenario II lebih baik dari sekenario I.

Pada Skenario III aliran permukaan (*Qsurf*) = 606,50 mm < *Qsurf* eksisting = 956,51 mm, hasil air (*Water Yield*) = 1.397,77 > *Water Yield* eksisting = 1.308,18, dan sedimentasi (*Sed Yield*) = 135,14 ton/ha/tahun > *Sed Yield* eksisting = 96,19 ton/ha. Karakteristik hidrologi pada skenario III dilihat dari aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I dan II, hasil air (*Water Yield*) juga lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I dan II, berdasarkan sedimentasi (*Sed Yield*) lebih buruk dari kondisi eksisting, skenario I, dan II

Rekomendasi terbaik dalam kegiatan Rehabilitasi Hutan Lindung (RHL)

Melihat dari karakteristik hidrologi dari hasil simulasi pada skenario I–III skenario yang paling baik untuk dilaksanakan dalam pengelolaan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi berdasarkan pola penggunaan lahan, sebagai dasar penetapan rekomendasi terbaik dalam kegiatan RHL adalah dengan penerapan skenario II karena aliran permukaannya < dari kondisi eksisting dan skenario I walaupun sedimentasinya sedikit lebih tinggi dari kondisi eksisting dan skenario I. Sedangkan pada skenario III walaupun aliran permukaannya rendah namun sedimentasinya lebih tinggi dari kondisi eksisting dan skenario I dan II.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Skenario II

Sumber : Hasil analisis Model SWAT

Pilihan terbaik adalah skenario II dan dalam pelaksanaan dilapangan berupa penerapan agroforestri pada RHL yang sudah ada hanya tinggal melakukan penyisipan tanaman pohon kehutanan berbasis partisipasi masyarakat di Desa Sei Kuning, Kecamatan Tandun Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Peta penggunaan lahan skenario II disajikan dalam Gambar 2.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penerapan SIG berdasarkan gambaran dari kemampuan model SWAT dalam pengelolaan Sub-DAS Mikro Bukit Suligi :

1. Karakteristik hidrologi pada skenario I dilihat dari aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dari kondisi eksisting, hasil airnya (*Water Yield*) lebih baik dari kondisi eksisting, namun berdasarkan sedimentasi (*Sed Yield*) kondisi eksisting lebih baik dari skenario I.
2. Karakteristik hidrologi pada skenario II dilihat dari aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I, hasil air (*Water Yield*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I, berdasarkan sedimentasi (*Sed Yield*) kondisi eksisting dan Skenario II lebih baik dari kondisi skenario I
3. Karakteristik hidrologi pada skenario III dilihat dari aliran permukaan (*Qsurf*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I dan II, hasil air (*Water Yield*) lebih baik dari kondisi eksisting dan skenario I dan II, berdasarkan sedimentasi (*Sed Yield*) skenario III lebih buruk dari kondisi eksisting, Skenario I dan II.
4. Jadi pilihan terbaik adalah skenario II dan dalam pelaksanaan dilapangan berupa penerapan agroforestri pada Rehabilitasi Hutan Lindung (RHL) yang sudah ada hanya tinggal melakukan penyisipan tanaman pohon kehutanan berbasis partisipasi masyarakat di Desa Sei Kuning Kecamatan Tandun Kabupaten Rokan Hulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Pengelola Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BP-DASHL) Indragiri Rokan yang telah memberikan informasi dan data untuk mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, K. C. 2015. SWAT-CUP : *SWAT calibration and uncertainty progrms-a user manual*. Ewag : Swiss Federal Institute of Aquatic Technology. 1 – 100.
- Adeniyi, G. A., F. S. Bolaji, W. S. Adebayo, O. M. Salami, dan Michael.D. O. 2014. *Validation of SWAT model for prediction of water yield & water balance : Case study of upastream catchment of Dam in Nigeria*. International Journal of Mathematical, Computational, Natural and Phisical Engineering, 8 (2) : 264–269.
- Andono, R., Limantara, M. L., Juwono, T. P. 2014. Studi penilaian indikator kinerja DAS Konaweha akibat perubahan tata guna lahan berdasarkan kriteria hidrologi. Jurnal teknik Pengairan, 5 (1) : 54 – 60.

- Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. R. & Neitsch, S., L. 2012. *Soil and Water Assessment Tool Input/Output Documentation*. Texas: Texas Water Resources Institute. 1 – 650.
- Edi J. 2015. Pemanfaatan *Soil And Water Assessment Tool (Swat)* Sebagai Alat Pengambil Keputusan Dalam Pengelolaan Das (Studi Kasus Di Das Cisadane), *Jurnal Teknik Hidraulik*, 6 (2) : 147 – 162.
- Ferijal, T. 2012. Prediksi hasil limpasan permukaan dan laju erosi dari Sub DAS Krueng Jereu menggunakan model SWAT. *Jurnal Agrista*, 16 (1) : 29 – 38.
- Firdaus, G., O. Haridjaja, dan S. D. Tarigan. 2014. Analisis respon hidrologi terhadap penerapan teknik konservasi tanah di Sub DAS Lengkong menggunakan model SWAT. *Jurnal Tanah Lingkungan*, 16 (1) : 16 – 23.
- Guntara. 2013. Agroforestri sebagai alternatif pemanfaatan lahan tegakan untuk peningkatan pendapatan petani di Kabupaten Lumajang. *Prosiding Seminar Nasional Agroforestri. Agroforestri Untuk Pangan dan Lingkungan yang Lebih Baik*. Dalam Kuswantoto et al. Malang, 21 Mei 2013. Halaman: 393–408.
- Hernandez, M., Miller, S. N., Goodrich, D. C., Goff, B. F., Kepner, W. G., Edmonds, C. M. & Jones, K. B. 2000. *Modeling Runoff Response Land Cover and Rainfall Spatial Variability in Semi Arid Watershed, Environmental Monitoring and Assessment*, 64, 285-298.
- Huning, J. E., Antonaropoulos, A. I., Droogers, P., & De Vente, J. 2013. *Targeting of intervention areas to reduce reservoir sedimentation in the Tana catchment (Kenya) using SWAT*. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques*, 58 (3) : 1 – 15.
- Hidayat, L., Sudira, P., Susanto, S., dan Jayadi, R. 2016. Validasi Model Hidrologi SWAT di Daerah Tangkapan Air Waduk Mrica, *AGRITECH*, 36 (4) : 467 - 474.
- Luthfi, I. 2014. *Kajian Kecepatan Aliran dan Sedimen Melayang Sungai Cidurian Kabupaten Serang Provinsi Banten*, Tesis Master, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- Lin, B., Chen, X., Yao, H., Chen, Y., Liu, M., Gao, L., and James, A. 2015. *Analysis of land use change impacts on the catchment run off using different time indicators based on the SWAT model*, *Ecological Indicator*, 58, 55-63.
- Mechram, S. M. Mawardai, dan P. Sudira. 2012. *Application model AVSWAT 2000 to predict surface runoff, erosion, and sedimentation in Keduang Watershed: Upper Bengawan Solo Watershed*. *Jurnal AGRITECH*, 32 (3) : 325 – 330.
- Moriassi, D. N., J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Biginer, R. H. Marmel, dan T. L. Veith. 2007. *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*, *Journal ASABE*, 50 (3) : 885 – 900.

- Mubarok, Z., Murtiaksosno, K., dan Wahjunie, E. D. 2015. Kajian respons perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung – Lampung. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 4 (1) : 1 – 10.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. 2005. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Grassland Soil and Water Laboratory Agricultural Research Service Backland Research Center Texas Agricultural Experiment Station USA 476 pages.
- Nurdin, Syaiful, B., Zulkarnai, Sukendi. 2019. Hydrological Characteristics Analysis Due To Changes In Land Use With The Swat Model In The Koto Panjang Hydropower Catchment Area, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10 (2) : 330–340.
- Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial No. P.2/V-SET/2015. Petunjuk Teknis Pemanfaatan Model Hidrologi dalam Pengelolaan DAS, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Ramadhani E., Suprayogi, S., Hadi, M. P. 2021. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan Menggunakan Multidata Iklim Satelit di Sub DAS Samin, *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25 (4) : 503 – 514.
- Ruslan, M., Fitria, A., Peran, B., S., dan Syam'ani. 2016. Pola Arah Rehabilitasi Hutan Dan Lahan di Sub-Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Amandit Kabupaten Hulu Sungai Selatan, *Perpustakaan Nasional Indonesia* : 1 – 218.
- Sakti, N. A., Suprayogi, S. 2015. Aplikasi Model SWAT Untuk Mengkaji Debit Harian dan Limpasan Permukaan (Kasus : Sub DAS Wakung, Pemalang Jawa Tengah), *Jurnal Bumi Indonesia*, 5 (1) : 1 – 9.
- Staddal, I., 2016. Analisis Aliran Permukaan Menggunakan Model SWAT di DAS Bila Sulawesi Selatan, *Jtech*, 4 (1) : 57 – 63.
- Suryani E., Tarigan D. S. 2015. Optimasi Perencanaan Penggunaan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografi (Sig) dan *Soil And Water Assessment Tool (Swat)* (Suatu Studi di Das Cijalupang, Bandung, Jawa Barat), *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 11 (2) : 63-70.
- Surtiani, Y., dan Budiati, L. 2015. Evaluasi Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Juwana pada Kawasan Gunung Muria Kabupaten Pati, *Jurnal Pengembangan Wilayah & Kota*, Biro Penerbit Planologi Undip 11 (1) : 117 – 128.
- Wang, X., Sang, S., Yan, W., Melesse, A. M. 2008. Simulation of an Agriculture watershed using an improved Curve Number Method in SWAT, *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 51(4), 1323-1339.