

MODEL SEDIMENTASI PADA SUNGAI CITARUM DAN ANAK SUNGAI TARUM BARAT DAN TARUM TIMUR

SEDIMENTATION MODEL IN THE CITARUM RIVER AND WEST TARUM RIVER BRANCH AND EAST TARUM RIVER BRANCH

^{1*}Manggala Anindyaguna, ²Suharyanto, dan ³Teddy Tedjakusuma

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

^{*1} manggala.anindyaguna@gmail.com, ²ssuhar02nl@gmail.com, ³t_tedjakusuma@yahoo.com

AbstrakTata guna lahan DAS Citarum Hulu untuk tahun 1994 dan 2001, terjadi perubahan ekstrem di bagian selatan Jawa Barat (sekitar hulu sungai Citarum) berupa konversi hutan menjadi tanah terbuka (semak, belukar atau lahan kering). Konversi hutan menjadi lahan terbuka dengan luas yang memiliki dampak spasial yang berarti berada pada wilayah tersebut menyebabkan peningkatan laju ekspor sedimen tahunan yang melebihi 100 ton/km². Penumpukan sedimen ini menyebabkan debit sungai akan menurun dan penumpukan sedimen yang semakin tinggi ini sangat berpotensi dalam mengurangi kapasitas tampung sungai terhadap air hujan yang berintensitas besar, terutama pada saat musim hujan. Dari masalah sedimentasi ini, dibutuhkan model untuk menduga dan menerangkan gejala pada sistem DAS di daerah ini. Penelitian ini memanfaatkan model hidrologi SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). SWAT merupakan model terdistribusi yang terhubung dengan SIG (Sistem Informasi Geografis) dan mengintegrasikan dengan DSS (*Decision Support System*). Lokasi penelitian berada di kawasan utara Tangkuban Perahu, melewati Purwakarta, sampai ke Bd. Curug yang terletak di sebelah utara Waduk Jatiluhur. Terletak di Sungai Cikao, Purwakarta, Jawa Barat di sekitar 6 ° 32'27 "S dan 107 ° 26'46" E. Tahapan penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan studi ini adalah pengumpulan data, deliniasi DAS, pendefinisian tata guna lahan dan jenis tanah, pengeditan basis data model, pendefinisian stasiun cuaca, parameterisasi dan pengeditan input, menjalankan model, membaca dan memplot hasil, kalibrasi hasil dan parameter, analisis data. Data yang digunakan adalah peta dasar DAS Citarum, peta Sungai Citarum, data curah hujan pada stasiun cuaca terdekat. Skenario 1 (model perkebunan) dan skenario 2 (model hutan) yang digunakan menunjukkan perbedaan nilai TSS pada kedua skenario tersebut jauh berbeda dimana hasil rata-rata TSS pada model ini adalah 75 mg/l untuk model hutan, dan 181 mg/l untuk model perkebunan dan 178 mg/l untuk model tahun 2016. Kemudian skenario berikutnya dengan penambahan hutan di sekitar daerah kritis dan sungai, menunjukkan terjadi peningkatan kualitas sungai jika daerah kritis dibatasi oleh hutan di sekitar sungai.

Kata kunci: DAS, tata guna lahan, sedimentasi, Citarum, Model, SWAT.

Abstract : .. There is a change in land use extreme Citarum Hulu for 1994 and 2001, in the southern part of West Java (around Citarum river upstream) in the form of conversion of forest into open land (bush, shrub or dry land). Conversion of forest to open with an area that has significant spatial impact are in the region led to an increase in the rate of annual exports exceeding sediment 100ton / km². This causes the buildup of sediment will decrease streamflow and sediment that is potentially higher in reducing the capacity of the river tamping rainwater great intensity, especially during the rainy season. From this sedimentation problem, it takes the model to predict and describe the symptoms to the DAS system in this area. This study utilized a hydrological model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). SWAT is a distributed model that is connected with GIS (*Geographic Information System*) and integrates with DSS (*Decision Support System*). The research located in Cikao River, around northern region of Tangkuban

Perahu, passing Purwakarta, to Bd. Curug in the north of Jatiluhur Reservoir, Purwakarta, West Java in 6 ° 32'27 "S and 107 ° 26'46" E. Research stages used in the implementation of this study are data collection, watershed delineation, land use definition and soil type, editing model databases, station definitions weather, parameterization and input editing, running models, reading and plotting results, calibrating results and parameters, data analysis. The data used are baseline maps of Citarum watershed, Citarum River maps, rainfall data at nearby weather stations. Scenario 1 (plantation model) and scenario 2 (forest model) used show different TSS values in both scenarios is much different where the mean TSS yield in this model is 75 mg / l for the forest model, and 181 mg / l for the model plantations and 178 mg / l for 2016 model. Then the next scenario with the addition of forests around the critical areas and rivers, indicates an increase in river quality if the critical area is limited by forests around the river

Key words: Watershed , Landuse, sedimentation, Citarum, Model, SWAT

PENDAHULUAN

DAS merupakan sebuah kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografis, yang menampung, menyimpan dan mengalirkan curah hujan yang jauh di atasnya, ke sungai utama yang bermuara ke danau atau lautan (Webster, 1976). Pemisah topografi ialah punggung bukit. Di bawah tanah juga terdapat pemisah bawah tanah berupa batuan. Sebuah DAS merupakan kumpulan dari banyak sub DAS yang lebih kecil. Ukuran dan bentuk DAS dengan sendirinya berbeda antara satu dengan lainnya. Sungai merupakan bagian dari DAS dan menjadi bagian penting dari kehidupan makhluk hidup. Sungai merupakan sarana yang sangat penting dalam proses pengangkutan sedimen. Sungai berfungsi untuk mengalirkan sedimen-sedimen dari hasil erosi yang nantinya akan diteruskan ke laut. Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (deposition) dan pemadatan (compaction) dari sedimentasi itu sendiri. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel dan kecepatan pengendapan partikel. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel (Asdak, 2004)..

Pada tata guna lahan DAS Citarum Hulu untuk tahun 1994 dan 2001, terjadi perubahan ekstrem di bagian selatan Jawa Barat (sekitar hulu sungai Citarum) berupa konversi hutan menjadi tanah terbuka (semak, belukar atau lahan kering). Konversi hutan menjadi lahan terbuka dengan luas yang memiliki dampak spasial yang berarti berada pada wilayah tersebut menyebabkan peningkatan laju ekspor sedimen tahunan yang melebihi 100ton/km² (Poerbandono, 2006). Peningkatan dari nilai sedimen ini akan sangat mempengaruhi debit suatu sungai. Penumpukan sedimen ini menyebabkan debit sungai akan menurun dan penumpukan sedimen yang semakin tinggi ini sangat berpotensi dalam mengurangi kapasitas tampung sungai terhadap air hujan yang berintensitas besar, terutama pada saat musim hujan. Sedimentasi dari sungai inibergantung pada besarnya erosi total di DAS dan juga pada transport partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dri daerah tangkapan air pada DAS, dan juga disebabkan oleh variasi karakteristik fisik DAS tersebut. Sedimentasi ini kemudian memicu terjadinya banjir pada bagian hilir sungai, terutama pada musim hujan dimana intensitas hujan sangat besar atau bahkan karena sungai sudah tidak mampu menampung air lagi, walaupun intensitas hujan tidak terlalu besar tetap dapat menyebabkan banjir pada daerah sekitar ungai tersebut. Untuk itu dibutuhkan penanggulangan sedimentasi sungai pada daerah tersebut dengan berfokus pada pengaturan pencegahan erosi/longsor pada saat pembangunan infrastruktur, pada pencegah erosi di lahan pertanian, kehutanan dan pertambangan, serta pencegahan masuknya sampah dari pemukiman. Model simulasi merupakan teknik numerik dari percobaan hipotetik dari suatu gejala atau sistem dinamis dan dinyatakan secara kuantitatif. Model digunakan sebagai usaha untuk memahami suatu sistem yang rumit merupakan teknik pengkajian yang lebih sederhana dibandingkan jika melalui keadaan sebenarnya. Model ini dapat digunakan untuk menduga dan

menerangkan gejala-gejala dalam suatu sistem secara tepat (Nasution dan Barizi 1980). Terdapat banyak sekali model yang mengkaji tentang air, tetapi dibutuhkan model yang tepat untuk dapat membantu menentukan skenario mana yang tepat dalam penanganan tersebut dengan ketersediaan data yang ada.

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam penanganan yang terkait masalah sedimentasi misalnya saja MIKE, hanya saja pada MIKE modelnya terlalu detail dan membutuhkan banyak lebih banyak data dibandingkan dengan SWAT sehingga jika digunakan dengan keterbatasan data yang ada, hasilnya tidak akan terlalu baik. GLUE dan SUFI-2 sangat fleksibel dengan memungkinkan untuk menggunakan parameter yang ada secara bebas, tetapi hasil mereka cukup sulit untuk dijustifikasi karena langkahnya terlalu bebas dan tidak memiliki hasil statistik yang cukup baik dan juga sangat dipengaruhi dari pemilihan parameter tersebut. Jika parameternya tidak baik, maka hasil yang didapat juga tidak akan baik.

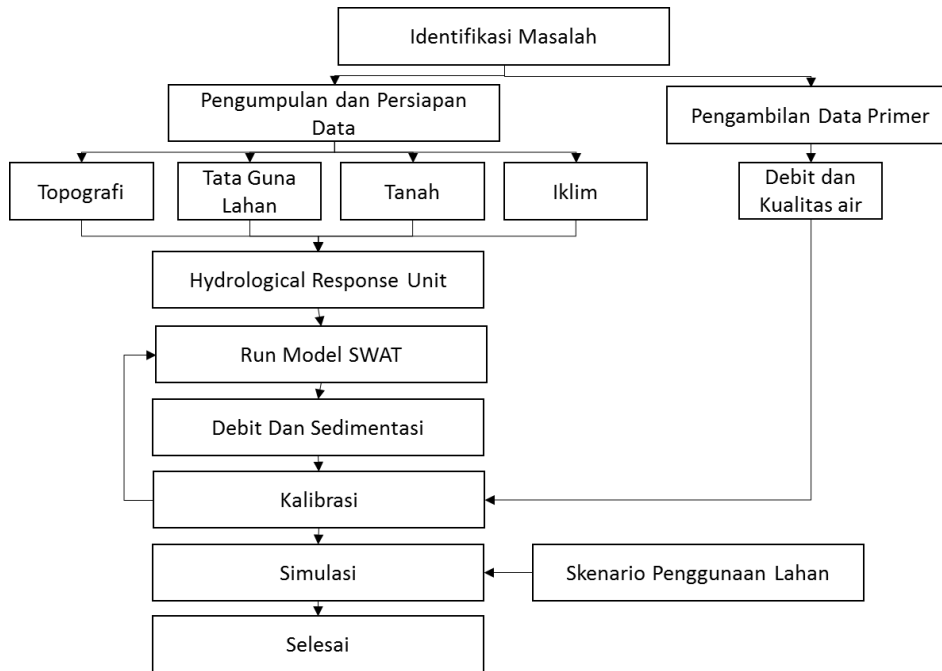
Penelitian ini memanfaatkan model hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tool). SWAT merupakan model terdistribusi yang terhubung dengan SIG (Sistem Informasi Geografis) dan mengintegrasikan dengan DSS (Decision Support System). Model SWAT dioperasikan pada interval waktu harian dan dirancang untuk memprediksi dampak jangka panjang dari praktek pengelolaan lahan terhadap sumberdaya air dan sedimen pada DAS besar dan kompleks dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan dan pengelolaan berbeda (Pawitan, 2004). SWAT memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut. Walaupun nanti hasil terdapat error yang cukup besar pada hasil pengamatan pada daerah drainase kecil, model SWAT cukup handal di skala yang cukup besar (Vigiak, 2015). Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat perubahan bentuk lahan yang terjadi di DAS pada daerah sungai Citarum dengan peningkatan daerah pertanian dan perkebunan.
2. Peningkatan sedimentasi pada DAS Citarum menurunkan kualitas air di daerah tersebut

Untuk itu, dengan penelitian ini diharapkan mampu menelaah proses erosi dan sedimentasi yang terjadi di sungai Citarum sehingga didapatkan daerah kritis mana saja yang harus menjadi perhatian utama.

METODOLOGI

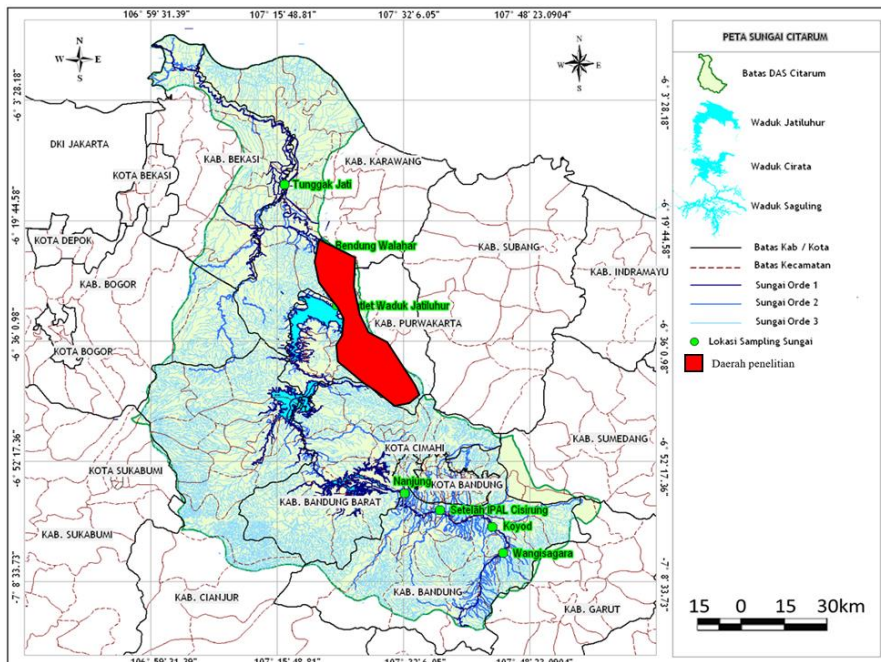
Penelitian ini berusaha untuk mengevaluasi penggunaan lahan di sekitar DAS Citarum, bagaimana penggunaan lahan tersebut juga turut mempengaruhi kualitas air yang ada di DAS tersebut juga bagaimana langkah yang masih cukup baik untuk mengurangi dampak dari penggunaan lahan tersebut. Tahapan yang dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Skema metoda penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di kawasan utara Tangkuban Perahu, melewati Purwakarta, sampai ke Bd. Curug yang terletak di sebelah utara Waduk Jatiluhur. Terletak di Sungai Cikao, Purwakarta, Jawa Barat. Dengan koordinat di sekitar $6^{\circ} 32'27''$ S and $107^{\circ} 26'46''$ E



Gambar 1. DAS Citarum (BPLHD Jabar, 2015)

Model SWAT

SWAT adalah model berskala DAS yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 90-an untuk Agricultural Research Service (ARS) dari USDA. Model tersebut dikembangkan untuk memprediksi dampak dari manajemen lahan terhadap air, sedimentasi serta jumlah bahan

kimia yang berasal dari pertanian dan untuk area DAS yang kompleks dengan variasi jenis tanahnya, penggunaan lahan dan kondisi manajemen pengelolaan.

Proses yang dimodelkan SWAT yang terjadi di dalam DAS didasarkan kepada neraca air. Persamaan neraca air yang berlaku pada model SWAT sebagai berikut:

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Dimana :

- SW_t = Soil water content (mm H₂O),
- SW_o = Soil water content awal pada hari i (mm H₂O),
- t = waktu (hari),
- R_{day} = Jumlah pengendapan pada hari i (mm H₂O),
- Q_{surf} = Jumlah surface runoff pada hari i (mm H₂O),
- E_a = Jumlah evapotranspiration pada hari i (mm H₂O),
- w_{seep} = Jumlah air yang masuk ke dalam zona vadose di soil profile pada hari i (mm H₂O)
- Q_{gw} = jumlah return flow pada hari i (mm H₂O).

Untuk *routing* air, SWAT menggunakan persamaan Manning untuk menentukan tingkat dan kecepatan aliran. Air disalurkan melalui saluran menggunakan metode *variable storage routing* atau metode *routing Muskingum River*. Persamaan 2 dan persamaan 3 merupakan persamaan Manning untuk aliran seragam dalam saluran digunakan untuk menghitung tingkat dan kecepatan aliran di suatu segmen untuk langkah waktu tertentu :

$$q_{ch} = \frac{A_{ch} \cdot R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

$$v_c = \frac{R_{ch}^{2/3} \cdot slp_{ch}^{1/2}}{n} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Dimana :

- q_{ch} = kecepatan alir pada saluran (m³/s),
- A_{ch} = Area *cross section* aliran pada saluran (m²),
- R_{ch} = Radius *hydraulic* pada kedalaman aliran (m),
- slp_{ch} = adalah *slope* sepanjang saluran (m/m),
- n = koefisien Manning saluran
- v_c = kecepatan aliran (m/s)

Model SWAT menggunakan metode SCS *curve number* (CN) untuk menduga aliran permukaan (*surface run off*). QSWAT mensimulasikan volume aliran permukaan dan puncaknya pada setiap HRU. Pada metoda SCS *curve number* aliran permukaan (Q_{surf}) dihitung dengan :

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} - 0.8S)} \quad \text{(Persamaan 4)}$$

Dimana :

- R_{day} = banyaknya hujan (mm/hari);

S = parameter retensi (mm)

Parameter retensi (S) dihitung berdasarkan nilai CN dengan persamaan :

$$S = 24.4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

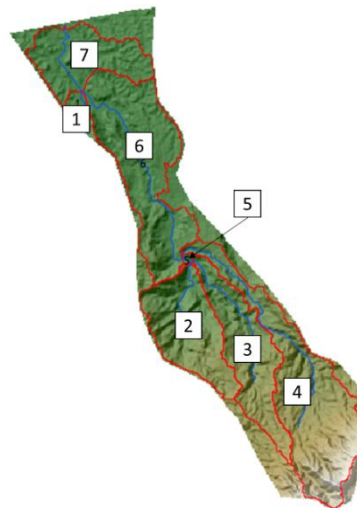
(Persamaan 5)

SCS *curve number* adalah fungsi dari permeabilitas tanah, penggunaan lahan dan kondisi bagian air tanah.

Data yang digunakan adalah Peta Dasar DAS Citarum, Peta Sungai Citarum dan Tarum Barat serta Tarum Timur, data Curah hujan pada stasiun cuaca terdekat, Data Debit aliran sungai pada beberapa titik di sungai.

Data peta DEM sangat dibutuhkan untuk melakukan running model ini karena pada peta DEM, didapat elevasi pada lokasi tersebut dan elevasi merupakan sebagai salah satu variabel yang sangat penting terkait dengan parameter meteorologi (Noor, 2014).

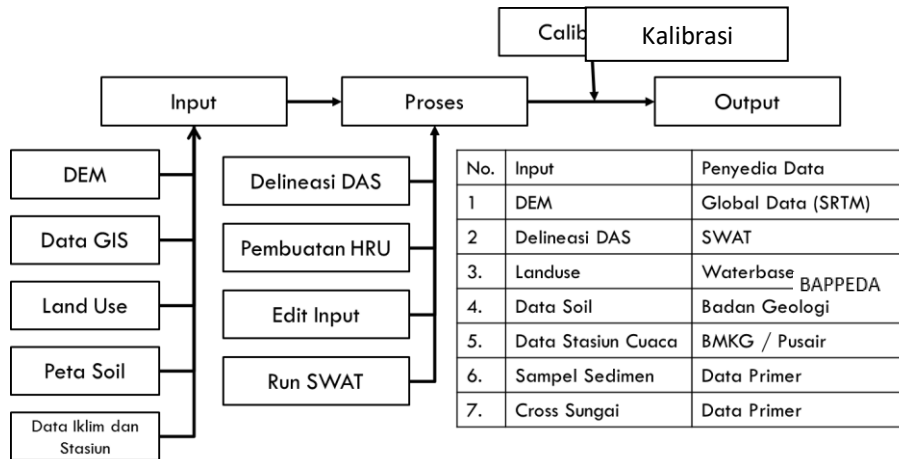
DEM yang didapat kemudian diolah menjadi peta dasar yang kemudian menjadi bahan pertimbangan model tersebut untuk kemudian ditambahkan dengan data sungai. Kemudian diolah sehingga menghasilkan beberapa sub DAS, yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembagian DAS Cikao menjadi Sub DAS

Setelah diolah menjadi Sub Das, data tersebut ditambahkan dengan data penggunaan lahan dan data tanah. Kemudian dari data kemiringan lahan, penggunaan lahan dan data tanah, akan dibentuk *Hydrological Response Unit* (HRU) yang merupakan unit analisis terkecil yang digunakan model SWAT sebagai dasar perhitungan dalam memprediksi output dan simulasi model. Setiap HRU akan memiliki informasi sub DAS, nomor HRU, jenis penutupan lahan, jenis tanah, dan luas HRU. HRU didapatkan dari overlay peta tanah, peta penggunaan lahan dan peta kemiringan lahan. Kemiringan lahan ini dibagi menjadi 3 kelas yaitu 0 – 5%, >15 – 30%, dan > 30%.

Proses penggabungan HRU dan data iklim dilakukan setelah satuan analisis terbentuk. Pada tahap ini ditentukan periode simulasi terlebih dahulu untuk kemudian dilakukan pemasukan data iklim. Pada analisis hidrologi ini, disediakan data sebagai input dalam model SWAT adalah data iklim, data tanah, data penggunaan lahan, data hidrologi.



Gambar 3. Skema SWAT

Gambar 3 menunjukkan Proses menjalankan model SWAT beserta input dan sumber data yang digunakan.

Pengambilan sampel

Terdapat 7 titik sampling atau pengambilan contoh untuk setiap stasiun dilakukan secara horizontal. Penentuan titik sampling secara horizontal didasarkan pada karakteristik setiap lokasi terutama berdasarkan percabangan sungai dan juga penggunaan lahan.



Gambar 4. Titik pengambilan sampel

Dari hasil pengambilan sampel tersebut didapat.

Tabel 1. Hasil pengambilan sampel air

No. Sampel	TDS	TSS	pH	Temperatur
	mg/L	mg/L		°C
1	322	89.1	8.21	28
2	288	91.2	7.82	23
3	282	80.7	8.19	21
4	413	112	8.4	32
5	222	51.3	8.75	32.5
6	323	61	8.74	32.2
7	473	55	8.45	29.9

Dari hasil pengamatan lapangan didapatkan bahwa air pada sungai tersebut sudah memenuhi syarat untuk penggunaan air pada kelas 3 dan kelas 4, yaitu untuk daerah pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut. Tetapi penggunaan air tersebut sebagai air untuk kelas 1 yaitu penggunaan untuk air bakti air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut dan dan kelas 2, untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan ,air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut masih tidak memenuhi syarat. Pembagian ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001.

Skenario

Berdasarkan hasil perhitungan pendahuluan, akan dilakukan simulasi dengan beberapa alternatif skenario, antara lain:

1. Skenario ekstrim dimana 100% penggunaan lahan berupa daerah Perkebunan.
2. Skenario ekstrim dimana 100% penggunaan lahan berupa daerah hutan.
3. Skenario dimana daerah kritis dibatasi oleh hutan selebar 15 meter.

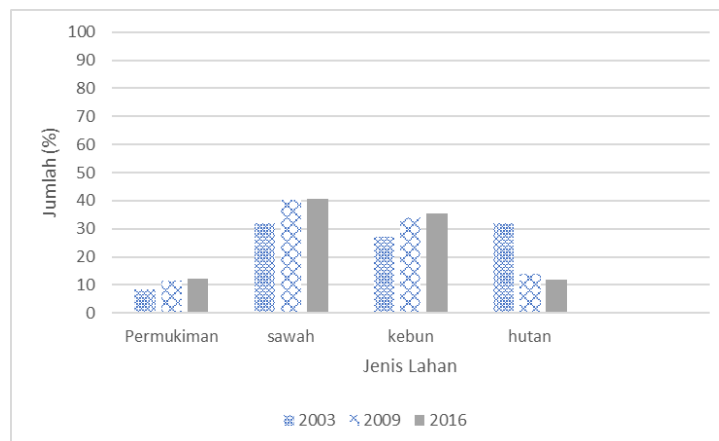
Pada Skenario 3 ini, lahan di sekitar sungai diubah menjadi hutan selebar 15m. Daerah tersebut digunakan sebagai pelindung untuk mengurangi laju sedimen di daerah tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Tata Guna Lahan

Terdapat perubahan tata guna lahan yang cukup besar dari tahun 2003 ke tahun 2016. Perubahan tersebut dapat terlihat pada grafik di bawah ini.

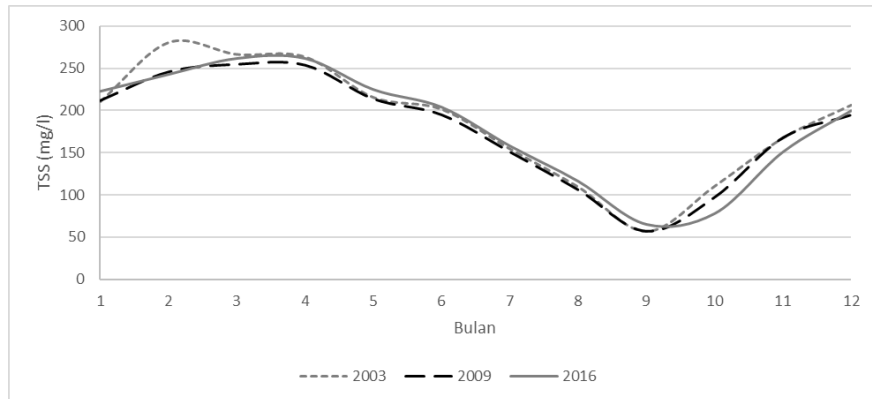
Dari hasil pengumpulan data terlihat bahwa perubahan lahan hutan menurun dari 32% di tahun 2003 menjadi 14% di tahun 2009 dan menurun lagi menjadi 11.8% di tahun 2016. Peningkatan daerah pemukiman dari 8.3% di tahun 2003 menjadi 11.2% di tahun 2009 dan meningkat menjadi 12.3% di tahun 2016. Perkebunan meningkat dari 27% di tahun 2003 menjadi 34% di tahun 2009 dan meningkat lagi menjadi 35.3% di tahun 2016. sedangkan sawah meningkat dari 32% di tahun 2003 menjadi 40% pada tahun 2009 kemudian konstan di tahun 2016.



Gambar 5. Perbandingan penggunaan lahan pada tahun 2003, 2009 dan 2016 (BAPPEDA, 2017)

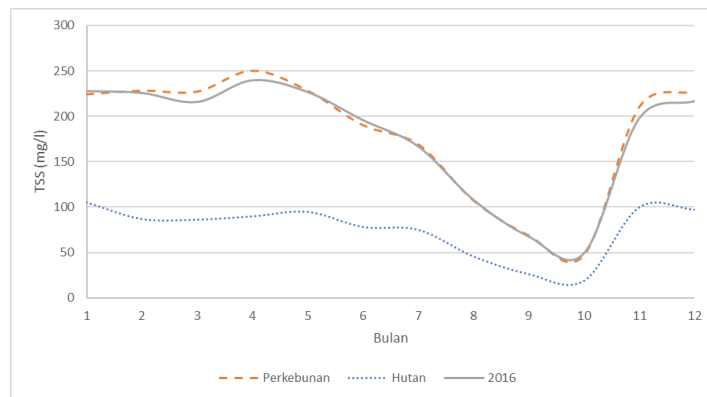
Hasil Model SWAT

Hasil dari pengolahan peta DEM dan sungai di *overlay* dengan peta penggunaan lahan dan peta tanah membentuk HRU yang kemudian digabungkan dengan data dari stasiun cuaca akan menghasilkan output berupa TSS seperti pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Perbandingan debit pada tahun 2003, 2009 dan 2016

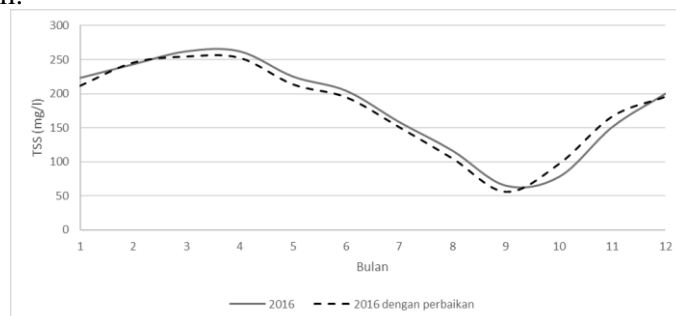
Hasil TSS pada daerah ini terlihat pada Gambar 7 dimana bahwa hasil TSS dengan data iklim yang sama menunjukkan penurunan dari tahun 2003 ke tahun 2009, kemudian meningkat lagi pada tahun 2016. Kemudian dibuat skenario dengan kondisi ekstrim dimana pada skenario 1, dibuat kondisi dimana 100% daerah ini menjadi daerah perkebunan. Dan pada skenario 2 dibuat kondisi dimana 100% daerah ini menjadi daerah hutan. Perbandingan skenario ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil TSS pada model skenario hutan dan perkebunan

Dari hasil model untuk kedua skenario diatas terlihat bahwa hasil TSS pada model ini menunjukkan perbedaan yang sangat mencolok dimana model perkebunan menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan model hutan. Hasil rata-rata TSS pada model ini adalah 75 mg/l untuk model hutan, dan 181 mg/l untuk model perkebunan. Sementara rata-rata untuk tahun 2016 adalah 178 mg/l.

Kemudian pada skenario berikutnya yaitu dengan penambahan hutan di sekitar daerah kritis dan sungai, didapatkan hasil.



Gambar 9. Hasil TSS pada model skenario penambahan daerah hutan di sekitar sungai untuk tahun 2016

Terlihat penurunan nilai TSS di daerah ini setelah ditambahkan hutan di daerah sekitar sungai. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan kualitas sungai jika daerah kritis dibatasi oleh hutan di sekitar sungai. Tetapi tidak semua daerah ditutupi oleh hutan. Pada scenario ini, daerah yang dilindungi hutan hanya sungai dari daerah perkebunan dan pertanian

KESIMPULAN

Simulasi model QSWAT dilakukan terhadap penggunaan lahan tahun 2003, 2009 dan 2016 dengan menggunakan data input curah hujan dan iklim tahun pada tahun tersebut. Hasil yang diperoleh adalah terbentuknya 75 HRU pada 7 sub-DAS. Simulasi penggunaan lahan tahun 2003, 2009 dan 2016 menghasilkan laju sedimentasi berbeda, terjadi penurunan TSS pada tahun 2003 ke tahun 2009, kemudian meningkat lagi pada tahun 2016. Pada skenario 1 (model perkebunan) dan skenario 2 (model hutan) yang digunakan menunjukkan perbedaan nilai TSS pada kedua skenario tersebut jauh berbeda dimana hasil rata-rata TSS pada model ini adalah 75 mg/l untuk model hutan, dan 181 mg/l untuk model perkebunan, sementara pada tahun 2016 menunjukkan nilai TSS sekitar 178 mg/l. Hal ini menunjukkan keadaan daerah di DAS tersebut sudah mulai sangat berbahaya dan membutuhkan perhatian khusus untuk penanganannya. Untuk itu dibuat skenario berikutnya dengan penambahan hutan di sekitar daerah kritis dan sungai yang menunjukkan terjadi peningkatan kualitas sungai jika daerah kritis dibatasi oleh hutan di sekitar sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., (2004): *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan Ketiga (revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Chang, H., (2008) : *Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea*, Department of Geography, Portland State University, Portland, USA.
- Giridhar, M.V.S.S, Anirudh, R. Rao,G.S., dan Sowmiya, P.,(2015): DEM Processing for Watershed Delineation using QSWAT, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, **6**, 1670-1674
- Hickin, E.J., (1995): *River Geomorphology*, the University of California, California, USA.
- Jumartin, F., (2011): *Pemakaian Data Satelit TRMM Dalam Melihat Potensi Mikrohidro Pada Suatu Wilayah*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Junaidi, E., (2010): *Penggunaan Model Hidrologi Swat (Soil And Water Assessment Tool) Dalam Pengelolaan DAS Cisadane*, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kironoto, B.A., (2008): Konsentrasi Sedimen Suspensi Rata-Rata Kedalaman Berdasarkan Pengukuran 1, 2, Dan 3 Titik Pada Aliran Seragam Saluran Terbuka, *Dinamika Teknik Sipil*, **8**, 59 - 71.
- Noor, H., Vafakhah, M., Taheriyoun, M., dan Mogadhashi, M., (2014): Hydrology modelling in Taleghan mountainous watershed using SWAT, *Journal of Water and Land Development*, **20**, 11-18.
- Soemarto, C.D, (1987): *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Thomann, R.V. dan Mueller, J.A., (1987): *Principles of Surface Water Quality Modelling and Control*, Manhattan College, USA.
- Vigiak, O., Malago, A., Bouraoui, F., Vanmaercke, M., dan Poesen, J., (2015): Adapting SWAT hillslope erosion model to predict sediment concentrations and yields in large Basins, *Science of the Total Environment, Elsevier*, **538**, 855-875.
- Vink, A.P.A., (1975). *Land Use in Advancing Agriculture*. Springer-Verlag, New York.
- Wangpimool, W. dan Pongput, K., (2013) : Hydrological Evaluation with SWAT Model and Numerical Weather Prediction for Flash Flood Warning System in Thailand, *Journal of Earth Science and Engineering*, **6**, 349-357.