

Literatur Review Pemodelan Hidrologi SWAT Pada Daerah Aliran Sungai (DAS)

HELMI AVISTA¹, KANCITRA PHARMAWATI¹

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITENAS, Bandung
Email: helmiavista@gmail.com

ABSTRAK

Pemodelan hidrologi merupakan alat penting dalam pengelolaan sumber daya air, khususnya dalam menganalisis dinamika aliran sungai, erosi, dan kualitas air. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan studi literatur terkait penggunaan Pemodelan Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif berdasarkan hasil runing sehingga didapat deskripsi pemodelan yang dilakukan pada penelitian. Hasil penelitian menunjukkan pemodelan hidrologi SWAT. Kesimpulan dari pemodelan SWAT sangat berguna dalam menganalisis berbagai aspek hidrologi pada Daerah Aliran Sungai (DAS). Kalibrasi yang baik dan data input yang memadai, model ini dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan.

Kata kunci: DAS, Hidrologi, SWAT

1. PENDAHULUAN

DAS adalah suatu wilayah yang berfungsi sebagai pengumpul air, sedimen dan unsur hara kemudian disalurkan melalui sistem sungai menuju *outlet* yaitu danau atau laut (Naharuddin, 2018). DAS sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Nugroho dkk., 2015).

Pemodelan hidrologi *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) merupakan model kontinu dikembangkan oleh USDA *Agricultural Research Service* (ARS) untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak pengelolaan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian. Model SWAT ini berbasis fisik, efisien dalam perhitungan dan mampu membuat simulasi untuk jangka waktu yang panjang (Neitsch dkk., 2011).

Model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan tersebut, sehingga diharapkan dengan penggunaan model SWAT dapat dikembangkan beberapa skenario guna menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik (Junaidi dan Indrajaya, 2018).

Penggunaan model SWAT di Indonesia, terlebih dahulu perlu dilakukan kalibrasi dan validasi sesuai dengan ketersediaan data, agar hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Proses ini dibutuhkan karena setiap DAS memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Relevansi model dengan keadaan yang sebenarnya dievaluasi dengan memperhitungkan standar deviasi dan efisiensi model (Rahmad dkk., 2017).

2. METODE

2.1 Metode Pengumpulan Data Model Hidrologi SWAT

Metodologi yang digunakan dalam artikel ini yaitu pendekatan literatur review dari berbagai sumber ilmiah yang membahas implementasi SWAT yang merupakan model berbasis proses yang membutuhkan data input meliputi data iklim, topografi, jenis tanah, penggunaan lahan, dan manajemen lahan. Model ini membagi DAS ke dalam unit-unit yang lebih kecil, yaitu Sub-DAS dan HRU (*Hydrological Response Units*).

3. HASIL ANALISIS

3.1 Model Hidrologi

Model hidrologi adalah representasi konseptual yang disederhanakan dari sistem hidrologi dunia nyata. Model ini digunakan untuk memahami, memprediksi dan mengelola sumber daya air. Air dan tanah memiliki keterkaitan yang sangat erat, pada saat air hujan sampai ke permukaan bumi, sebagian akan masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) untuk menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*), sedangkan air hujan yang tidak terserap tanah akan menjadi aliran permukaan (*runoff*). Tidak semua air *infiltrasi* mengalir ke sungai atau tampungan air lainnya, melainkan ada sebagian yang tetap tinggal dalam lapisan bagian atas tanah (*top soil*) untuk kemudian di uapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*evaporation*) dan melalui permukaan tajuk vegetasi (*transpiration*) (Nugroho dkk., 2015).

3.2 Soil and Water Assesment Tool (SWAT)

SWAT merupakan salah satu model hidrologi yang dikembangkan untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi, dan jumlah bahan kimia pada suatu area DAS dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS (Neitsch dkk., 2011). Proses hidrologi DAS yang di simulasi dalam SWAT terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu proses di lahan dan di sungai. Bagian pertama adalah fase lahan dari siklus hidrologi. Fase lahan siklus hidrologi mengontrol jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida yang bergerak di lahan menuju sungai utama pada masing-masing Sub-DAS. Bagian kedua adalah fase routing atau proses pergerakan air, sedimen, bahan pestisida dan bahan nutrient lainnya melalui jaringan sungai dalam DAS menuju ke *outlet* (Arnold dkk., 2012). Berikut merupakan inputan untuk menjalankan model SWAT meliputi data DEM yang diperoleh dari DEMNAS yang sudah diakuisisi dilakukan prapemrosesan data terlebih dahulu, Data Penggunaan lahan dan Jenis tanah yang diperoleh dari data *Global Website* SWAT dan data iklim yang diinputkan ke dalam model SWAT yaitu dalam format teks (.txt) atau menggunakan database otomatis seperti *Weather Generator* (WGEN). Jenis data iklim yang dibutuhkan meliputi curah hujan (*precipitation*).pcp, suhu udara (*temperature*).tmp, kelembaban relatif (*relative humidity*).hmd, radiasi matahari (*solar radiation*).slr, dan kecepatan angin (*wind speed*).wnd yang diperoleh dari stasiun cuaca lokal, model iklim global (GCM), atau database meteorologi seperti NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dan NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) (Neitsch dkk., 2012).

3.3 Model SWAT Untuk Prediksi Debit Banjir

Penelitian menunjukkan Simulasi model hidrologi SWAT dilakukan setelah menggabungkan data jaringan hidrologi DAS, data HRU, dan data Iklim. Hasil dari simulasi model SWAT menghasilkan data debit harian dan data hidrologi DAS Cemandiri selama masa simulasi yaitu dalam kurun waktu 10 tahun dari 1 januari 2010 sampai 31 Desember 2019. Hasil simulasi SWAT menunjukkan bahwa

sebagian besar aliran air yang menjadi evapotranspirasi adalah sebesar 789,5 mm, perkolasi sebesar 458,3 mm, aliran bawah tanah sebesar 22,91 mm, aliran lateral sebesar 136,77 mm, dan limpasan permukaan sebesar 785,89 mm. Hasil simulasi tersebut kemudian di bandingkan dengan Pos Duga Air Leuwi Lisung dari tahun 2010 sampai 2019 yang di dapat dari UPTD PSDA Wilayah Sungai Cisadea - Cibareno yang berada pada titik koordinat 6°58'9.34"S - 106°56'56.78"T. Sub-Basin yang terletak di antara titik koordinat tersebut adalah Sub-Basin 17 (Saputri dkk., 2022).

3.4 Model SWAT Untuk Perubahan Tata Guna Lahan

Berdasarkan hasil penelitian (Trirahadi dkk., 2022), terjadi adanya perubahan tata guna lahan di sub DAS Cimanuk Hulu. Perubahan penggunaan lahan yang setiap periode bertambah adalah permukiman dan badan air. Badan air mengalami peningkatan signifikan pada penggunaan lahan 2020 karena pada tahun 2017 waduk Jatigede yang terletak di Kabupaten Sumedang sudah mulai optimal dioperasikan yang menyebabkan bertambahnya luas penggunaan lahan badan air, sedangkan penggunaan lahan hutan mengalami penurunan setiap periodenya. Hasil kalibrasi dan validasi model SWAT dengan uji statistik koefisien determinasi (R^2) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) sebesar 0.71 dan 0.68. Hasil dari simulasi model SWAT menunjukkan penurunan aliran bawah permukaan (*ground water*) pada setiap tahunnya dan terjadi adanya peningkatan nilai limpasan permukaan (*surface runoff*) pada setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan kurangnya debit yang meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) yang mengakibatkan aliran bawah permukaan (*ground water*) berkurang dan debit yang mengalir di limpasan permukaan meningkat setiap periodenya. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan di sub DAS Cimanuk Hulu berdampak terhadap peningkatan nilai limpasan permukaan.

3.5 Model SWAT Untuk Prediksi Laju Erosi dan Sedimentasi

Penelitian menunjukkan akurasi pemodelan SWAT dalam prediksi laju erosi dan sedimentasi. hasil kalibrasi dapat diketahui tingkat keakuratan model dan parameter-parameter sensitif apa saja yang dihasilkan dari proses kalibrasi. Periode tahun yang digunakan untuk kalibrasi yaitu dari tahun 2008-2010 dan validasi dari tahun 2011-2014. Hasil kalibrasi yang didapatkan dengan membandingkan data debit hasil simulasi dan aktual yaitu nilai $R^2=0.52$ dan $NS=0.39$ untuk simulasi harian dan $R^2=0.86$ dan $NS=0.77$ untuk simulasi bulanan. Tahapan validasi hanya hasil simulasi bulanan yang dilakukan validasi, hal ini dikarenakan nilai R^2 dan NS pada simulasi harian sangat kecil sehingga tidak dilakukan validasi model. Hasil validasi simulasi bulanan didapatkan nilai $R^2 = 0.79$ dan $NS = 0.41$. Menurut Moriasi dkk. (2007) model dapat diterima jika nilai $R^2 > 0.5$, sehingga model SWAT yang digunakan di Sub DAS Keduang dapat diterima (Nugroho dkk., 2015).

3.6 Simulasi SWAT Untuk Analisis Erosi dan Sedimentasi di *Catchment Area* Sungai

Berdasarkan penelitian (Febrianti dkk., 2018) Simulasi model SWAT dengan menggunakan data penggunaan lahan, tanah, curah hujan dan data iklim tahun 2016, besarnya sedimentasi dan erosi di *Catchment Area* sungai besar diperoleh 58,48 ton/ha/th dan 4,82 ton/ha/th. Tingkat sedimentasi di *Catchment Area* Sungai Besar yang termasuk kelas sangat rendah yaitu seluas 1.635,38 ha meliputi Desa Bi'ih, Sungai Besar dan Sungai Asam, kelas rendah 57,31 ha, kelas sedang 385,21 ha dan kelas sangat tinggi yaitu seluas 3.221,48 ha pada Desa Pulau Nyiur. Sedangkan tingkat erosi yang termasuk kelas sangat ringan yaitu seluas 2.334,24 ha meliputi Desa Bi'ih, Sungai Besar, Sungai Asam dan mandi Kapau Barat, kelas ringan 2.692,31 ha pada Desa Pulau Nyiur dan kelas sedang seluas 272,83 ha meliputi Desa Pulau nyiur dan Pasar lama.

3.7 Model SWAT Untuk Memprediksi Debit Aliran Sungai

Penelitian ini menunjukkan model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran sungai DAS Citarum Hulu harian dengan akurasi yang cukup baik yang ditunjukkan dengan nilai koefisien R^2 (0.73-0.78) dan koefisien NSE (0.58-0.66). Akurasi model SWAT menjadi lebih baik ketika digunakan untuk memprediksi debit rata-rata bulanan ($R^2=0.92$ dan $NSE=0.90$). Penggunaan model hidrologi (SWAT) merupakan metoda alternatif pembangkitan debit aliran sungai pada DAS (Sub DAS) yang belum terinstrumentasi dengan baik. Parameterisasi model merupakan tahapan kritis dalam pemodelan karena sangat berpengaruh signifikan terhadap keluaran yang dihasilkan (Hidayat, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu, pemodelan hidrologi SWAT digunakan untuk memprediksi debit aliran sungai, memprediksi debit banjir, memprediksi perubahan penggunaan lahan, laju erosi dan sedimentasi pada daerah aliran sungai. Hasil pemodelan tersebut menunjukkan kondisi hidrologi pada data yang dimodelkan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan DAS.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari artikel ini dapat memberikan gambaran mengenai hasil pemodelan hidrologi SWAT yang menganalisis berbagai aspek hidrologi pada DAS. Kalibrasi yang baik dan data input yang memadai, model ini dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan. Dengan hasil simulasi SWAT, kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan DAS yang lebih baik untuk mengurangi beban pencemar dan meningkatkan kualitas air sungai serta untuk merancang kebijakan pengelolaan lingkungan berbasis data, terutama dalam mengendalikan pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R., Van Griensven, A., dan Van Liew, M. W. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508.
- Febrianti, I., Ridwan, I., dan Nurlina, N. (2018). Model SWAT (soil and water assesment tool) untuk analisis erosi dan sedimentasi di catchment area Sungai Besar Kabupaten Banjar. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 15(1), 20-25.
- Hidayat, Y. (2023). Aplikasi Model Swat Untuk Memprediksi Debit Aliran Sungai Das Citarum Hulu.
- Junaidi, E., dan Indrajaya, Y. (2018). Hydrological responses of agroforestry system application which is not based on land suitability, a case study in Cimuntur watershed. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 7(1), 69-81.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., dan Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Naharuddin, N. (2018). Sistem pertanian konservasi pola agroforestri dan hubungannya dengan tingkat erosi di wilayah Sub-DAS Wuno, DAS Palu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 6(3), 183-192.
- Neitsch, Susan L Arnold, J. G., Kiniry, J. R., dan Williams, J. R. (2011). *Soil and water assesment tool theoretical documentation version 2011*. Retrieved from

- Neitsch, Susan L Arnold, J. G., Kiniry, J. R., dan Williams, J. R. (2012). *Input/Output Documentation Version 2012*. Retrieved from
- Nugroho, Prima Priyana, Y., Haryadi, S., Hut, S., dan Eng, M. (2015). *Model Soil Water Assessment Tool (SWAT) Untuk Prediksi Laju Erosi Dan Sedimentasi Sub Das Keduang Kabupaten Wonogiri*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahmad, R., Nurman, A., dan Wirda, M. A. (2017). Integrasi Model SWAT dan SIG dalam Upaya Menekan Laju Erosi DAD Deli, Sumatera Utara. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), 46-55.
- Saputri, U. S., Saputra, M. A., Iskandar, I., Susanto, D. A., dan Amdani, S. A. (2022). Aplikasi arc-swat pada analisis debit banjir rencana di daerah aliran sungai Cimandiri kabupaten Sukabumi. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(2), 107-123.
- Trirahadi, A., Bafdal, N., Amaru, K., dan Ridwansyah, I. (2022). *Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan di Sub DAS Cimanuk Hulu Menggunakan Model Soil and Water Assesment Tool (SWAT)*. Paper presented at the SEMINAR NASIONAL LPPM UMMAT.