

PREDIKSI PERUBAHAN KARAKTERISTIK HIDROLOGI AKIBAT PERUBAHAN PENGUNAAN LAHAN SEBAGAI USAHA MITIGASI BANJIR DI MANADO

Cindy Jeane Supit
Jeffry Dantje Mamoto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi sangat mempengaruhi karakteristik hidrologi dan berdampak pada perubahan karakteristik aliran. Kajian perubahan penggunaan lahan suatu daerah sangatlah penting untuk dilakukan agar tidak menimbulkan akibat buruk terhadap karakteristik hidrologi daerah tersebut, sehingga bisa menimbulkan bencana banjir di daerah tersebut. Penurunan aliran permukaan serta peningkatan kapasitas infiltrasi seharusnya menjadi prioritas dalam penyusunan penggunaan lahan suatu daerah. Sampai saat ini, belum ada penelitian tentang model perubahan penggunaan lahan terhadap dinamika karakteristik hidrologi menyeluruh untuk daerah Sulawesi Utara. Penelitian ini bertujuan membuat kajian pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi di daerah Manado dan sekitarnya. Penelitian ini direncanakan sebagai langkah awal pelaksanaan penyusunan penggunaan lahan terbaik di Sulawesi Utara dalam rangka mitigasi bencana banjir yang sering terjadi di Sulawesi Utara. Roadmap penelitian akan dilaksanakan dalam tiga tahun. Tahun pertama, akan meneliti perubahan penggunaan lahan di daerah Manado. Pada tahun kedua, akan meneliti perubahan penggunaan lahan di daerah Kabupaten Minahasa, Kabupaten Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara. Terakhir pada tahun ketiga, akan meneliti perubahan lahan di daerah Bolaang Mongondow. Selanjutnya langkah langkah yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain: survey pos hujan, pos duga air, dan pos iklim yang ada di daerah Manado dan sekitarnya, kemudian melakukan survey lapangan ke pos pos tersebut untuk mengecek kondisi pos hujan, pos duga air dan pos iklim. Selanjutnya pengumpulan data sekunder berupa data hujan, data debit, data iklim dari setiap pos, data peta tanah beserta data fisik tanah, data peta penggunaan lahan, serta peta DEM (Digital Elevation Model). Langkah berikutnya dilakukan analisis data dengan penggunaan model SWAT (Soil and Water Assessment Tools) melalui urutan proses dimulai dengan deliniasi daerah, analisis unit respons hidrologi, membuat basis data iklim, membangun data masukan model SWAT, simulasi model, serta kalibrasi dan validasi. Diharapkan penelitian ini berlanjut untuk seluruh wilayah Sulawesi Utara, serta disusunnya rekomendasi perencanaan penggunaan lahan di Sulawesi Utara yang terbaik..

Kata kunci : perubahan karakteristik hidrologi, perubahan penggunaan lahan, mitigasi banjir,

1. Latar Belakang

Perubahan penggunaan lahan dan dampak yang ditimbulkan perlu dipelajari agar dapat menentukan tindakan yang perlu dilakukan pada daerah tersebut di masa yang akan datang. Meningkatnya aliran permukaan disebabkan penurunan kemampuan tanah meretensi air yang ditunjukkan oleh meningkatnya aliran permukaan. Meningkatnya aliran permukaan semakin meningkatkan jumlah hujan yang berubah langsung menjadi debit. Peningkatan aliran pada suatu daerah aliran sungai mengindikasikan peningkatan ancaman banjir di daerah tersebut. Beberapa penelitian yang dilakukan melaporkan, bahwa dengan adanya pembangunan dan peningkatan perubahan lahan dari lahan hutan menjadi lahan pemukiman, telah meningkatkan koefisien runoff daerah tersebut. Dampak peningkatan koefisien tersebut adalah kecenderungan banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model dapat membantu memahami fenomena tersebut. Saat ini, belum ada penelitian tentang dampak perubahan lahan terhadap karakteristik hidrologi untuk daerah Manado

serta secara menyeluruh pada daerah Sulawesi Utara.

Rumusan Masalah

Permasalahan saat ini belum ada kajian rekomendasi perencanaan penggunaan lahan secara menyeluruh di daerah Manado berdasarkan analisa dinamika karakteristik hidrologi yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Dilaksanakan di daerah aliran sungai Manado dan sekitarnya.
2. Analisa Model menggunakan ArcGIS 10.3 dan SWAT Model.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat kajian pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi di daerah Manado khususnya DAS Tondano dan sekitarnya.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan membantu perencana di daerah Sulawesi Utara khususnya Manado, dalam menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi yang ditimbulkannya, serta dapat menyusun rekomendasi perencanaan penggunaan lahan daerah Sulawesi Utara guna mencegah bahaya banjir yang sering terjadi di daerah ini.

2. Tinjauan Pustaka

Penggunaan lahan suatu kawasan sangat mempengaruhi kondisi hidrologi kawasan tersebut begitu juga sebaliknya. Kegiatan yang bersifat merubah tipe maupun jenis penggunaan lahan dapat memperbesar atau memperkecil hasil air . Perubahan penggunaan lahan yang terjadi sangat mempengaruhi karakteristik hidrologi dan berdampak pada perubahan karakteristik aliran. Beberapa penelitian mengemukakan bahwa perubahan penggunaan lahan dengan memperluas permukaan kedap air menyebabkan berkurangnya infiltrasi, menurunkan pengisian air bawah tanah (recharge) dan meningkatkan aliran permukaan (runoff). Penurunan muka air tanah secara langsung mempengaruhi penurunan debit. Begitu juga sebaliknya, peningkatan runoff secara langsung mempengaruhi peningkatan debit.

Dari hasil kenaikan tersebut dapat mengindikasikan peningkatan ancaman banjir pada daerah tersebut. Dan perubahan penggunaan lahan dan dampak yang ditimbulkan merupakan kejadian di alam yang perlu dipahami guna menentukan tindakan yang perlu dilakukan di masa yang akan datang. Beberapa penelitian (Arnold et al, 1998; Nash et al 1970; Wahyunto et al 2001; Supit C et al. 2012) mengemukakan bahwa model dapat membantu memahami dinamika perubahan tersebut.

Model Hidrologi (SWAT MODEL)

Pendekatan sistem dalam dalam analisis hidrologi

merupakan suatu teknik penyederhanaan dari sistem prototipe ke dalam suatu sistem model, sehingga perilaku sistem yang kompleks dapat ditelusuri secara kuantitatif. Hal ini menyangkut sistem dengan mengidentifikasi adanya aliran massa/energi berupa masukan dan keluaran serta suatu sistem simpanan.

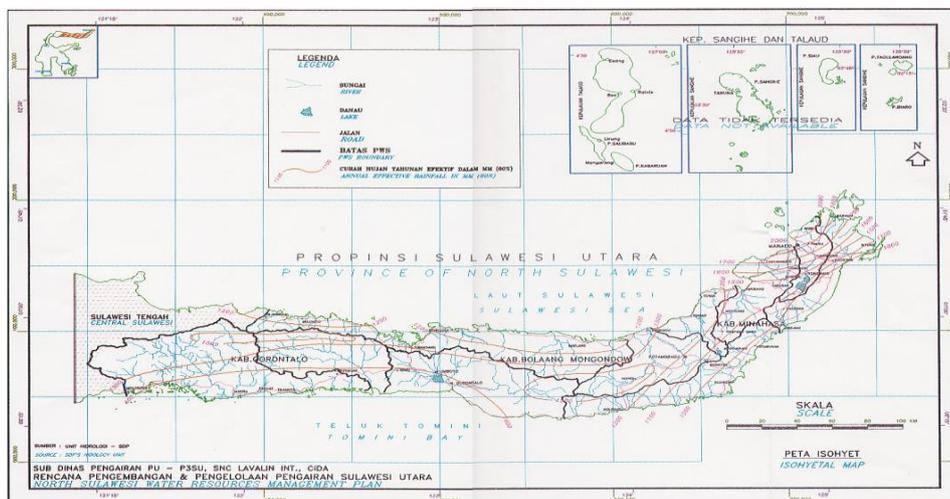
Model hidrologi merupakan gambaran sederhana dari suatu sistem hidrologi yang aktual. Model hidrologi biasanya dibuat untuk mempelajari fungsi dan respon suatu DAS dari berbagai masukan DAS. Melalui model hidrologi dapat dipelajari kejadian-kejadian hidrologi yang pada gilirannya dapat digunakan untuk memprediksi kejadian hidrologi yang akan terjadi. Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (simple representation) dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks.

Soil and water assesment tool (SWAT) adalah model hidrologi yang dikembangkan untuk memprediksi pengaruh praktek pengelolaan lahan terhadap hasil air, sedimen, muatan pestisida dan kimia hasil pertanian dalam periode waktu yang panjang. SWAT menghitung hasil air menggunakan persamaan sebagai berikut :

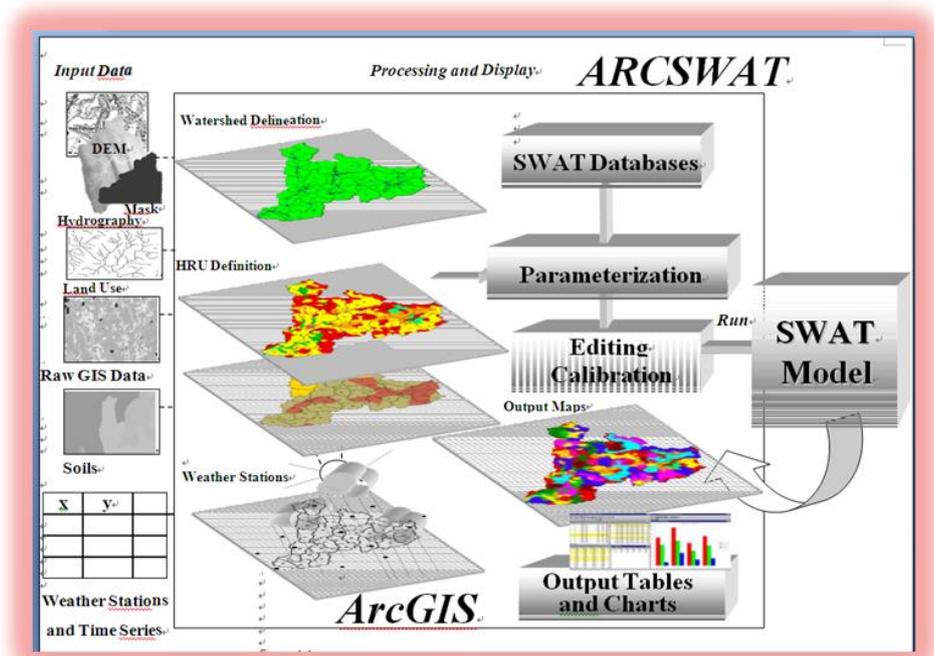
$$Wyld = Qsurf + Qlat + Qgw - tloss - pond..... (1)$$

Dimana : Wyld = total jumlah air yang masuk ke sungai utama selama periode waktu simulasi (mm); Qsurf = aliran permukaan (mm); Qlat adalah air yang mengalir secara lateral di dalam profil tanah (mm); Qgw = aliran bawah permukaan (mm), tloss adalah air yang hilang dari sungai karena adanya pengaliran air ke dalam tanah dan ke sisi samping sungai (mm); pond = air yang hilang melalui kolam-kolam penampungan air (embung/mm).

Aliran permukaan (Qsurf) dihitung berdasarkan metode SCS (Soil Conservative Service) curve number.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Prosedur Model SWAT



Gambar 3. DAS Tondano

3. Metode Penelitian

Tempat dan Lokasi Penelitian

Lokasi dari penelitian ini adalah Manado dan sekitarnya (DAS Tondano).

Metode Pengumpulan Data

Data Primer

Tahapan awal penelitian yaitu melakukan pengumpulan peta dan data yang diperlukan dalam proses input data model SWAT. Peta dan data meliputi :

1. Peta tanah dan data sifat fisik tanah
2. Peta penggunaan lahan
3. Peta Digital Elevation Model (DEM)
4. Data iklim
5. Data hidrologi
6. Data hujan
7. Data Pos

Data Sekunder

Data sekunder akan berasal dari studi literatur yang akan digunakan sebagai referensi dalam proses analisa model dan skenario berbagai perubahan penggunaan lahan.

Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data input dilakukan dengan memasukkan peta dan data yang diperlukan model SWAT dengan tahapan :

1. Deliniasi daerah dengan data input berupa data DEM
2. Analisis HRU dengan data peta penggunaan lahan, peta tanah dan data tanah
3. Membuat data generator iklim hasil perhitungan data hujan, suhu, radiasi matahari dan kecepatan angin.

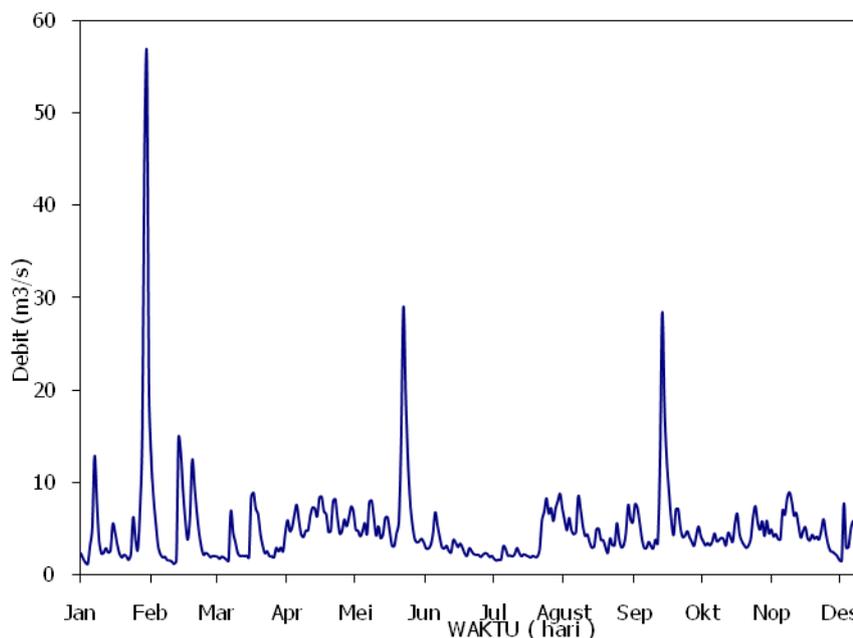
Tahapan selanjutnya adalah analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aspek hidrologi,

Simulasi dan Pembuatan Skenario

Dalam penelitian lanjutan, tim peneliti selanjutnya akan membuat simulasi dari akibat perubahan lahan thd karakteristik hidrologi daerah Manado dan sekitarnya

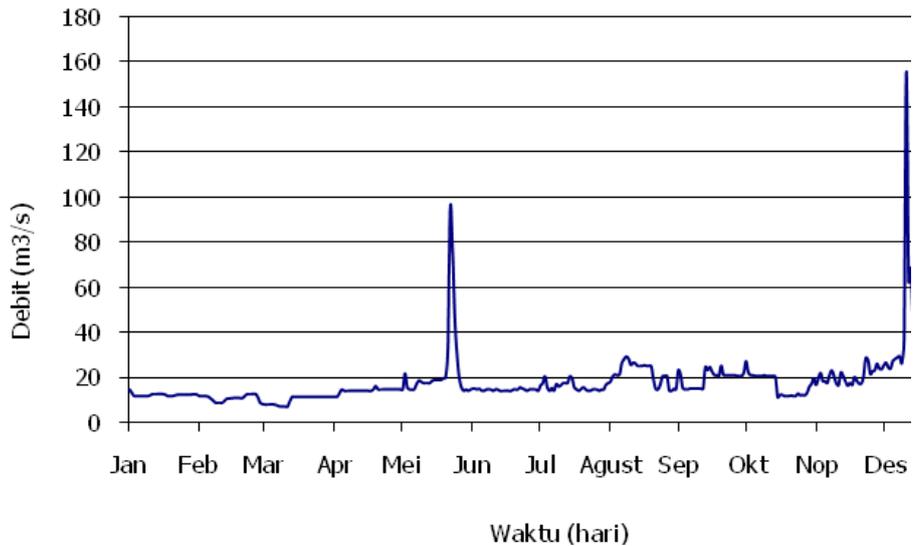
1. Analisis pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap aspek hidrologi,
2. Pembuatan skenario perencanaan penggunaan lahan

HIDROGRAF DEBIT SUNGAI S.Tondano-S.Kairagi 2003



Gambar 4. Hidrograf Aliran 2003

HIDROGRAF ALIRAN-S.TONDANO-KAIRAGI 2011



Gambar 5. Hidrograf Aliran 2011

4. Pembahasan

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Dari hasil analisis peta tahun 2000-2012, dapat dilihat bahwa penggunaan lahan untuk kebun campuran mengalami penurunan sekitar 10.3 % dan perubahan penggunaan tanah juga terjadi untuk lahan hutan menjadi tanah terbuka dan pemukiman serta perkebunan. Penurunan penggunaan lahan hutan cukup besar yaitu sebesar 9.28%. Penurunan juga terjadi pada

lahan semak dan belukar sebesar 7.53%. Dengan berkurangnya lahan hutan, kebun campuran dan semak/belukar, maka dilihat bahwa terjadi peningkatan yang cukup besar pada lahan permukiman 8.97%, lahan sawah 8.12% dan tanah terbuka sebesar 3.87%. Perubahan luas penggunaan lahan dilihat hanya pada daerah penelitian yaitu DAS Tondano.

Tabel 1. Parameter Yang Digunakan Dalam Kalibrasi

Parameter	Definisi	Nama File
CN2	SCS moisture condition II curve number for pervious areas	.mgt
Sol_K	Saturated hydrolic conductivity of first layer	.sol
ESCO	Soil Evaporation Compensation COefficient	.hru
Sol_AWC	Available water capacity of the soil layer	.sol

5. Kesimpulan

Dari hasil kalibrasi dan validasi model SWAT menunjukkan bahwa model SWAT dapat memperlihatkan dampak perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Tondano yang ditunjukkan oleh koefisien determinasi dan efisiensi Nash Sutcliffe yang cukup tinggi, berturut-turut 0,91 dan 0,82.

Selama periode bahwa 2000-2012 di DAS Tondano

(541 km²) telah terjadi perubahan penggunaan lahan yaitu lahan hutan, kebun campuran dan semak/belukar serta penambahan luas lahan pemukiman, sawah dan tanah terbuka.

Dengan adanya perubahan penggunaan lahan meningkatkan debit yang terjadi di DAS Tondano, dan dapat dilihat pada hidrograf aliran yang terjadi pada tahun 2003 dan 2011 pada sungai Tondano – sungai Kairagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment – Part 1: model development. *Journal of the American Water Resources Association* 34 (1), 73–89.2) 1998.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press.
- Nash, J.E., Sutcliffe, J.V., 1970 River flow forecasting through conceptual models: Part 1 – a discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10 (3), 282–290.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, and J.R. Williams. 2001. *Soil and Water Assessment Tool; Theoretical Documentation Version 2000*. Soil and Water Research Laboratory – ARS. Texas.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. 1989. *Hidrologi untuk Insinyur*. Erlangga. Jakarta.
- Pawitan, H. 2002. Flood hydrology and an integrated approach to remedy the Jakarta floods. Paper presented at the International Conference on Urban Hydrology for the 21st Century, the Humid Tropics Hydrology and Water Resources Center for Southeast Asia and Pacific (HTC Kuala Lumpur) of the Department of Irrigation and Drainage Malaysia in Collaboration with UNESCO and IAHSO, 14-18 October 2002. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Ponce, V.M. 1989. *Engineering Hydrology, Principle and Practices*. Prentice Hall. New Jersey.
- Supit C, Ohgushi K, Prediction of dam construction impacts on annual and peak flow rates in Kase River Basin. *Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.56, 2012*
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wahyunto, M. Zainal Abidin, Adi Priyono, dan Sunaryo. 2001. Studi perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang, Jawa Tengah. hlm. 39-63 dalam *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*. Bogor, 1 Mei 2001. Puslitbangtanak bekerjasama dengan MAFF Jepang dan Sekretariat Asean.
- Widiati, A. 1998. *Analisis Perubahan Fungsi Ruang Hidrologi terhadap Keseimbangan Air: Studi Kasus Cekungan Bandung*. Tesis Magister. Bidang Khusus Teknologi Pengelolaan Lingkungan. Program Studi Teknik Lingkungan, Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.