

PROGNOSA BANJIR SUB DAS KONTO MENGGUNAKAN SIMODAS

Flood Pragnosa Using SIMODAS in Sub-watershed Konto

Ruslan Wirosoedarmo, Alexander Tunggul Sutan Haji, Kuswadi

Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya,
Jl. Veteran Malang 65145
Email: ruslanwr@ub.ac.id

ABSTRAK

Banjir dan kekeringan merupakan dampak dari buruknya sistem tata air sebuah DAS. Hal tersebut berkaitan dengan kondisi hutan di bagian hulu DAS. Salah satu penyebab bencana banjir yaitu pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung lingkungan, sehingga kawasan resapan air berkurang. Tujuan penelitian adalah memprediksi peningkatan hidrograf banjir karena pengaruh perubahan alih fungsi lahan di Sub DAS Konto. Penelitian ini menggunakan data spasial dan data atribut. Data spasial antara lain peta digital topografi, peta digital jaringan sungai, peta digital jenis tanah, dan peta digital tata guna lahan. Peta tata guna lahan terdiri dari tataguna lahan kondisi eksisting dan tata guna lahan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang tahun 2010-2030. Data atribut yaitu berupa data curah hujan harian wilayah Sub DAS Konto tahun 2001-2010 dari stasiun hujan Kedungrejo dan Pujon. Data dianalisis menggunakan metode analisa spasial dan disimulasi dengan SIMODAS. Hasil penelitian menunjukkan perubahan alih fungsi lahan selama 20 tahun (2010-2030) meningkatkan debit puncak banjir dari 1014,704 m³/detik menjadi 1101,27 m³/detik atau naik sebesar 8,53 %.

Kata kunci : Hidrograf banjir, SIMODAS

ABSTRACT

The problem of flood and drought give negative impact to water system in the catchment area. It is related to forest condition in the upstream of watershed. One cause of flooding is the use of land that does not comply with the environmental carrying capacity making the area of repage is reduced. The purpose of this research is to predict the increase of flood hydrograph due to the change of land use sub-watershed. This study used spatial and attribute data. Spatial data included digital maps of topography, digital river network map, digital map of soil types, and digital maps land use. Map of land use consisted of the existing conditions of land use, while the land use itself was based on the 2010-2030 Spatial Plan of Malang Regency. Attribute data in the form of sub-daily rainfall data in Konto watershed year 2001-2010 were collected from the Pujon and Kedungrejo station. Data was analyzed using SIMODAS. Result indicated that changes of land use in sub-watershed Konto in Malang Regency for 20 years (2010-2030) increase the peak of flood from 1014,70 m³/ second to 1101,27 m³/ second or up to 8.53 %.

Keywords: Flood hydrograph, SIMODAS

PENDAHULUAN

Pengalihan fungsi lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) membutuhkan instrumen pengendalian penggunaan lahan. Instrumen tersebut digunakan untuk mengatur kegiatan budidaya sehingga mengurangi resiko dan dampak bencana dikemudian hari. Saat ini luas DAS Konto adalah 209,309 Ha,

namun 25 % luasnya tersebut terjadi perubahan fungsi kawasan yang menjadi kawasan budidaya dan perumahan. Keadaan ini juga diperparah dengan kebijakan untuk mengalih fungsi lahan yang tidak mendukung upaya konservasi. Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya

melimpah ke danau atau ke laut. Menurut Asdak (2004), DAS adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Banjir merupakan aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air normal sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah di sisi sungai.

Hal-hal yang dapat menyebabkan banjir antara lain perubahan tataguna lahan di daerah aliran sungai, pembuangan sampah, erosi dan sedimentasi, kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase, perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat, curah hujan, pengaruh fisiologi/geofisik sungai, kapasitas sungai, kapasitas drainase yang tidak memadai, pengaruh air pasang, penurunan tanah, drainase lahan, bendung dan banguna air, serta kerusakan bangunan pengendali banjir, sebagai langkah awal untuk menangani masalah banjir dilakukan penelitian terhadap seberapa besar volume limpasan dengan melakukan analisis hidrograf banjir melalui Sistem Informasi dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS). SIMODAS merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai sistem informasi dan model hidrologi untuk pengelolaan DAS. Hidrograf adalah suatu ekspresi integral dari karakteristik fisiografik dan iklim yang mengatur hubungan antara curah hujan dan limpasan permukaan DAS.

Menurut Haji (2005), SIMODAS (Sistem Informasi dan Model Daerah Aliran Sungai) adalah perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai sistem informasi dan model hidrologi untuk pengelolaan DAS. Perangkat lunak dikembangkan dengan mengintegrasikan model hidrologi sebar keruangan dan Sistem Informasi Geografis. Secara rinci SIMODAS dapat digunakan dalam masalah-masalah sebagai berikut: (a) Penyiapan database dan sistem informasi hidrologi dan Sumber Daya Air, (b) Prediksi debit dan genangan aliran sungai, baik aliran rendah maupun banjir, (c) Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap perubahan aliran atau banjir di DAS, (d) Perencanaan tata ruang air dan penanggulangan banjir suatu DAS, (e) Penentuan besarnya aliran sungai yang tidak memiliki stasiun hujan, (f) Penentu hidrograf satuan, waktu tempuh (*travel time*) dan waktu konsentrasi (T_c) dan parameter aliran permukaan lainnya, dan (g) Penggambaran potensi waduk dan hidropower.

Tujuan penelitian adalah memprediksi hidrograf banjir di sub DAS Konto untuk mengkaji dampak terjadinya perubahan alih fungsi lahan pada Sub DAS Konto Kabupaten Malang dengan menggunakan SIMODAS. Membantu memprediksi hidrograf banjir untuk mengkaji dampak perubahan alih fungsi lahan dan memberikan informasi perencanaan alih fungsi lahan sehingga lebih maksimal dalam mencegah banjir.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian: (a) ArcView 3.3 ESRI sebagai *software* GIS, (b) Microsoft Visual Basic 6.0 sebagai *software* dasar pembacaan algoritma, (c) *Software* SIMODAS untuk pemodelan hidrologi. Bahan yang digunakan dalam penelitian: (a) Peta digital topografi skala 1 : 25.000, (b) Peta digital jaringan sungai skala 1 : 25.000 dari BAKOSURTANAL, (c) Peta digital jenis tanah wilayah skala 1 : 25.000 dari Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, (d) Peta digital tata guna lahan wilayah skala 1 : 25.000, (e) Peta digital Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang tahun 2010-2030, (f) Data curah hujan harian wilayah Sub DAS Konto 10 tahun terakhir yaitu tahun 2001-2010, yang meliputi stasiun hujan Pujon dan Kedungrejo.

Analisis

Penelitian menggunakan metode analisis spasial untuk membuat hidrograf banjir pada wilayah Sub DAS Konto Kabupaten Malang.

Pengolahan Data

Pengolahan data dengan SIG ArcView 3.3. Data peta digital topografi, peta digital jaringan sungai, peta digital jenis tanah, dan peta digital tata guna lahan Kabupaten Malang ditampilkan pada ArcView dalam format *file* (*.shp) untuk melakukan proses pemotongan Sub DAS Konto. Peta topografi Sub DAS Konto diolah menjadi bentuk DEM dengan format TIN yang terlebih dahulu mengaktifkan *extension 3D Analyst* untuk memunculkan menu *surface*. DEM dalam format TIN diubah (*convert*) menjadi DEM (*grid*) dengan ukuran *grid* 100x100 meter, sehingga terbentuk peta *grid* ketinggian. Peta *grid* ketinggian ini kemudian digunakan untuk mendapatkan data *flow direction*, *slope*, *fill sink*, dan *flow accumulation*. Pengolahan data dengan ArcView juga didapatkan data *landcover*, *soil*, *rainfall distribution*, CN (*Curve Number*), Koefisien Manning dan lebar saluran. Data tersebut disimpan dalam bentuk ASCII agar dapat dimasukkan ke *project properties* dalam SIMODAS. Peta DEM Sub DAS Konto dalam format TIN juga harus diubah menjadi bentuk *image* dan *image wrap* agar bisa ditampilkan dalam SIMODAS.

Pengolahan data hujan. Pengolahan data hujan digunakan untuk *input* data model dalam SIMODAS dan untuk kalibrasi. Data hujan yang digunakan untuk *input* data model adalah data hujan 10 tahun terakhir yaitu tahun 2000-2009 dari stasiun hujan Pujon dan Kedungrejo. Data hujan

tersebut digunakan untuk penentuan debit puncak banjir dengan kala ulang 2, 3, dan 4 tahun dengan terlebih dahulu menentukan curah hujan kala ulang melalui perhitungan uji konsistensi dan pemilihan kesesuaian metode distribusi curah hujan. Adapun data hujan yang digunakan untuk kalibrasi adalah data hujan banjir yaitu nilai curah hujan pada waktu terjadi banjir tanggal 24 Februari 2010 di Wilayah Sub DAS Konto Kabupaten Malang.

Pembuatan data model. Data yang telah didapatkan dari hasil pengolahan DEM dalam ArcView dimasukkan ke *project properties* dalam SIMODAS. Setelah *project properties* diisi data dengan lengkap, peta DEM dari DAS baru dapat ditampilkan dalam SIMODAS. Langkah selanjutnya adalah pemilihan Daerah Pengaliran Sungai (DPS) pada peta DEM dari DAS. Dalam Data-data tersebut adalah *file DEM*, *file data model (dsu)*, titik hidrograf, titik hujan, faktor hidrograf, data hujan, Koefisien Manning, CN, dan kemiringan. Setelah data lengkap proses simulasi hujan dapat dimulai.

Kalibrasi model. Kalibrasi model bertujuan mendapatkan nilai parameter hidrologi yang mendekati kebenaran kondisi di lapang. Parameter, meliputi Koefisien Manning dan CN, hidrograf hasil simulasi yang mendekati hidrograf pengukuran atau observasi. Data curah hujan digunakan sebagai masukan model dan dengan cara mengubah-ubah parameter Koefisien Manning dan CN maka didapatkan keluaran model berupa nilai debit aliran. Nilai parameter yang menghasilkan keluaran debit model paling mendekati debit hasil perhitungan akan digunakan sebagai nilai parameter untuk daerah studi.

Simulasi dengan SIMODAS. Simulasi dilakukan dengan 2 skenario perubahan tata guna lahan. Simulasi pertama menggunakan tataguna lahan eksisting, sedangkan simulasi kedua menggunakan skenario perubahan tata guna lahan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang tahun 2010-2030. Hasil simulasi hujan diperoleh hidrograf banjir kondisi eksisting dan hidrograf banjir akibat perubahan tataguna lahan. Hasil analisa debit puncak dari hidrograf banjir diharapkan dapat digunakan untuk pengkajian dampak lingkungan akibat alih fungsi lahan di wilayah Sub DAS Konto.

HASIL DAN PEMBAHASAN

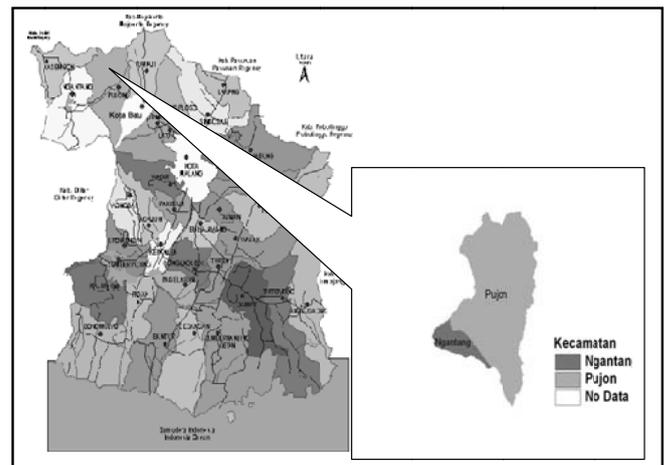
Sub DAS Konto

DAS Konto merupakan salah satu wilayah administrasi yang terletak di dataran tinggi Kabupaten Malang, Jawa

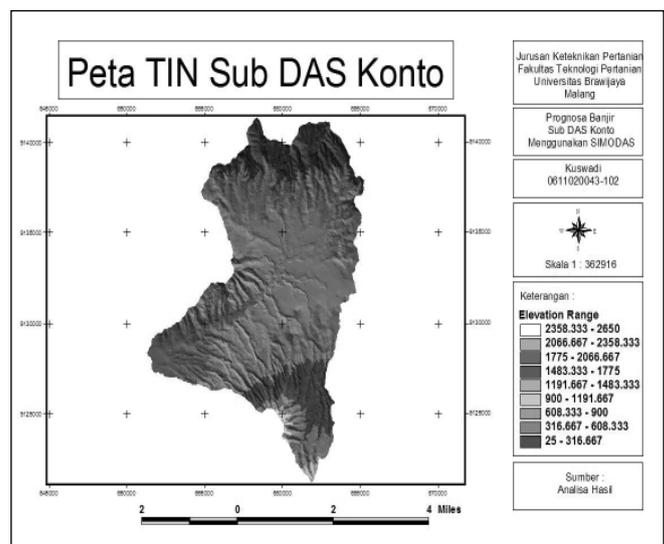
Timur. Secara geografi terletak pada 112°21'13" – 112°38'43" LU dan 7°46'7" – 8°56'40" LS. DAS Konto mempunyai luas wilayah 209,309 Ha, daerah pengalirannya meliputi 2 kecamatan yaitu Kecamatan Ngantang dan Pujon (Gambar 1).

Pengolahan DEM

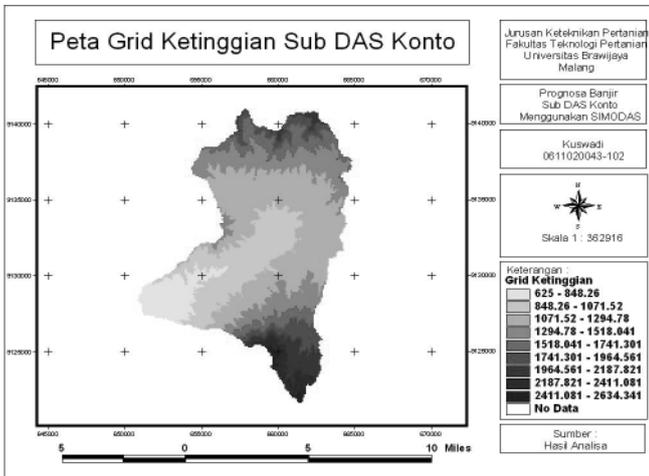
DEM dalam format *grid* digunakan dalam analisis spasial untuk mengetahui karakteristik fisik daerah studi yang berupa kemiringan (*slope*), arah aliran (*flow direction*), dan akumulasi aliran (*flow accumulation*) untuk melakukan analisis hidrograf banjir yang terjadi pada daerah studi. Pengolahan DEM sangat memerlukan peta topografi yang digunakan untuk memodelkan permukaan bumi secara digital. Peta topografi diolah dengan peta batas Sub DAS Konto sehingga dihasilkan peta dengan format TIN (*Triangulated*



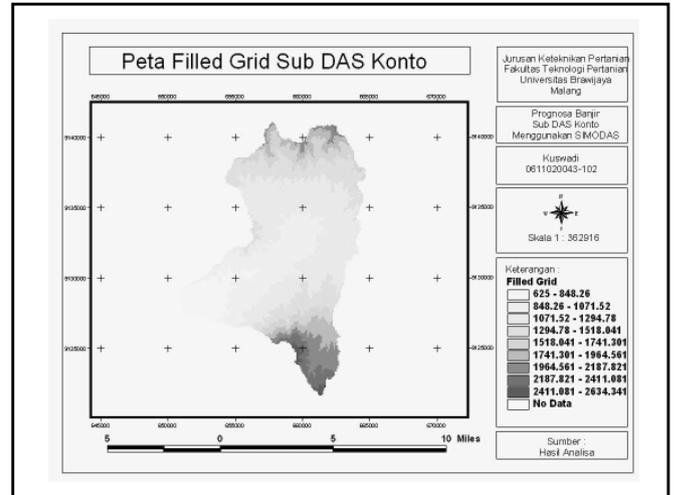
Gambar 1. Peta lokasi sub DAS Konto



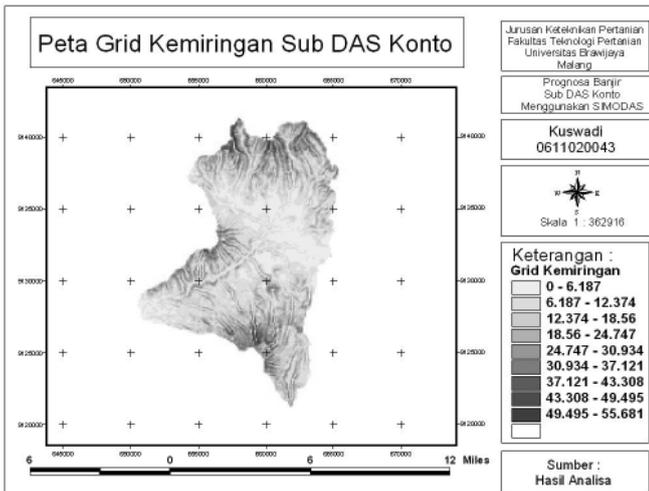
Gambar 2. Peta TIN Sub DAS Konto



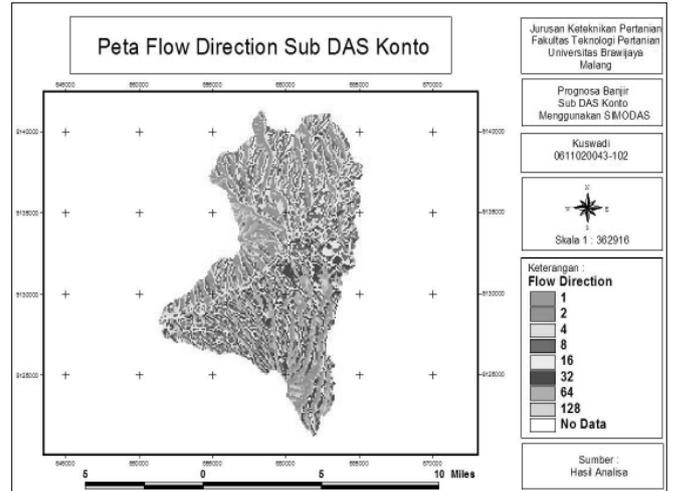
Gambar 3. Peta *Grid* Ketinggian Sub DAS Konto



Gambar 5. Peta *filled grid* sub DAS Konto



Gambar 4. Peta *grid* kemiringan (*slope*) sub DAS Konto



Gambar 6. Peta *flow direction* sub DAS Konto

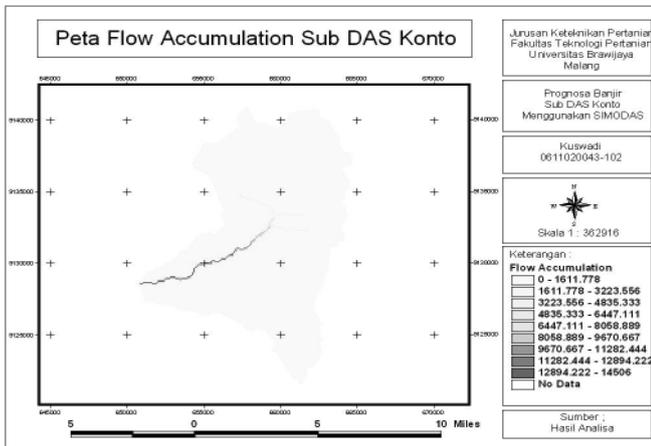
Irregular Network) (Gambar 2). Peta *grid* ketinggian didapat dari peta dengan format TIN yang diubah dalam bentuk *grid* (Gambar 3). Permukaan bumi pada penelitian dimodelkan dalam ukuran sel *grid* 100 m x 100 m. Peta *grid* ketinggian diolah untuk mendapatkan peta *grid* kemiringan (*slope*) (Gambar 4).

Peta *grid* ketinggian setelah diperoleh peta *grid* kemiringan (*slope*), diolah dengan melakukan proses *fill sink* sehingga dihasilkan *filled grid* (Gambar 5). Setelah diperoleh *theme filled grid* melalui proses *fill sink*, dari *theme filled grid* dilakukan proses untuk menentukan nilai arah aliran (*flow direction*) (Gambar 6). Nilai yang terbentuk pada *theme* arah aliran (*flow direction*) merupakan gambaran arah aliran air pada suatu sel *grid* ketika terjadi hujan.

Peta *flow direction* Sub DAS Konto yang terbentuk digunakan untuk menentukan akumulasi aliran (*flow accumulation*) melalui menu *hydro, option flow accumulation* pada program ArcView 3.3 (Gambar 7). Peta *flow accumulation* dapat dilihat bahwa nilai akumulasi aliran yang besar membentuk suatu pola yang menunjukkan aliran air terakumulasi pada daerah berelevasi rendah. Nilai 0 (nol) pada akumulasi aliran diartikan tidak ada aliran dari sel lain masuk ke sel tersebut, ini merupakan daerah dengan topografi tinggi, sedangkan sel dengan akumulasi aliran tinggi merupakan identifikasi dari saluran sungai.

Simulasi Menggunakan SIMODAS

Simulasi dilakukan 2 skenario tata guna lahan, pertama



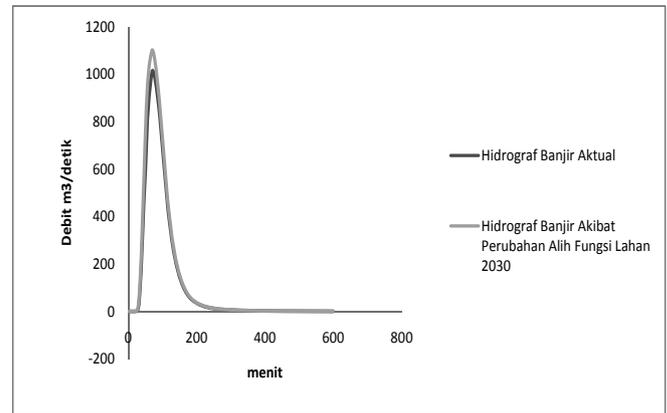
Gambar 7. Peta *flow accumulation* sub DAS Konto

menggunakan tataguna lahan eksisting, sedangkan kedua menggunakan skenario perubahan tata guna lahan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang tahun 2010-2030.

Simulasi SIMODAS bertujuan mendapatkan hidrograf banjir eksisting dan hidrograf banjir akibat perubahan tata guna lahan kala ulang 50 tahun. Hidrograf banjir kala ulang digunakan pengkajian dampak lingkungan akibat alih fungsi lahan. Perhitungan analisis frekuensi didapatkan nilai curah hujan kala ulang 50 tahun sebesar 187,601 mm. Hidrograf banjir yang terbentuk dari curah hujan kala ulang 50 tahun diperoleh nilai debit 1014,704 m³/detik dan waktu puncak 71 menit.

Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang

Berdasarkan peta alih fungsi lahan dari Rencana Tata Ruang Wilayah DAS Konto tahun 2010-2030, semula ruang wilayah Sub DAS Konto mempunyai kawasan hutan seluas 103,98 Ha akan berkurang menjadi 93,081 Ha. Hutan mengalami pengurangan sebanyak 10,48 % atau seluas 10,899 Ha. Kawasan kebun yang semula mempunyai luas 20,974 akan bertambah menjadi 23,244 Ha. Kawasan kebun bertambah sebanyak 2,27 Ha atau 10,82 %. Kawasan tegalan awalnya seluas 6,334 Ha bertambah menjadi 8,225 Ha. Kawasan tegalan mengalami perubahan sebesar 29,85 % atau seluas 1,891 Ha. Kawasan sawah bertambah luasnya dari 68,562 Ha menjadi 71,718 Ha. Kawasan sawah bertambah luas sebesar 3,156 Ha atau 4,60 Ha. Kawasan pemukiman 9,459 Ha bertambah menjadi 13,041 Ha. Kawasan pemukiman mengalami perubahan sebesar 40,38 % atau 3,582 Ha. Pertambahan kawasan sawah, pemukiman, tegalan dan kebun mengurangi daerah tangkapan air di sepanjang wilayah Sub DAS Konto, hal ini menimbulkan dampak perubahan pada debit puncak banjir yang terjadi. Adanya



Gambar 8. Hidrograf banjir eksisting dan hidrograf banjir alih fungsi lahan kala ulang 50 tahun

pertambahan sebesar 29,85 % atau seluas 1,891 Ha. Kawasan sawah bertambah luasnya dari 68,562 Ha menjadi 71,718 Ha. Kawasan sawah bertambah luas sebesar 3,156 Ha atau 4,60 Ha. Kawasan pemukiman 9,459 Ha bertambah menjadi 13,041 Ha. Kawasan pemukiman mengalami perubahan sebesar 40,38 % atau 3,582 Ha. Pertambahan kawasan sawah, pemukiman, tegalan dan kebun mengurangi daerah tangkapan air di sepanjang wilayah Sub DAS Konto, hal ini menimbulkan dampak perubahan pada debit puncak banjir yang terjadi. Adanya pertambahan luas kawasan sawah, pemukiman, tegalan dan kebun debit puncak banjir yang terjadi adalah 1101,27 m³/detik dan waktu puncak 70 menit untuk kala ulang 50 tahun.

Hidrograf banjir menunjukkan bahwa debit banjir akibat adanya perluasan kawasan pemukiman pertanian di wilayah Sub DAS Konto lebih besar dari pada debit banjir pada kondisi eksisting, maka dapat direkomendasikan bahwa di sekitar wilayah Sub DAS Konto perlu adanya penambahan kawasan resapan air agar curah hujan yang jatuh langsung terabstraksi sehingga mengurangi limpasan permukaan. Hidrograf banjir eksisting dan hidrograf banjir alih fungsi lahan kala ulang 50 tahun dapat dilihat pada Gambar 8.

KESIMPULAN

1. Sistem Informasi dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS) dapat digunakan untuk memprediksi peningkatan banjir karena pengaruh perubahan alih fungsi lahan pada Sub DAS Konto Kabupaten Malang.
2. Perubahan alih fungsi lahan di Sub DAS Konto Kabupaten Malang selama 20 tahun (2010-2030) meningkatkan debit puncak banjir sebesar 8,53 % dari 1014,704 m³/detik menjadi 1101,27 m³/detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. H. (2011). *Practices of Irrigation and On-farm Water Management*. Volume 2. Springer New York Dordrecht Heidelberg London, p. 423-431.
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan ketiga (revisi). Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Barnett, Nathan Daun dan Britany Affolter Caine. (2005). *Utilizing Geographic Information Systems (GIS) to Influence State Policy: a New Descriptive, Diagnostic, and Analytical Tool for Higher Education Research*. ASHE-Public Policy Conference, Philadelphia.
- Bhaduri B., Harbor J., Engel B., and Grove M. (2000). Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land-use change using a GIS-NPS model. *Environ Manage* **26** (6):643-658.
- Chandrapala L., and Wimalasuriya M. (2003). Satellite measurement supplemented with meteorological data to operationally estimate evaporation in Sri Lanka. *Agric Water Manage* **58**:89-107.
- Chowdary V. M., Rao N. H. and Sarma P. B. S. (2003). GIS-based decision support system for groundwater assessment in large irrigation project areas. *Agric Water Manage* **62**:229-252.
- Crisman, Nicholas R. (2010). *Fudamental Principles of Geographic Information Systems*. University of Wisconsin, Madison.
- Knox J. W. and Weatherfield E. K. (1999). The application of GIS to irrigation water resource management in England and Wales. *Geograph J.* **165**:90-98.
- MCKinney D. C. dan Cai X. (2002). Linking GIS and water resources management models: an object-oriented method. *Environ Model Softw* **17**:413-415.
- Mohammad A. R. (2003). Application of geographical information system in understanding spatial distribution of asthma. *Informing Science Journal*. Volume **6**. University of Houston-Clear Lake, Houston Texas, USA.
- Moore, I. D., A. K. Turner, J. P. Wilson, S. K. Jenson, dan L. E. Band. (1993). *GIS and Land Surface-Subsurface Process Modeling*. Oxford University Press, New York.
- Puntodewo, Atie. (2003). *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Center for International Forestry Research, Bogor.
- Rainis, Ruslan. (2002). *Estimating sediment yield of a small catchment in a tropical region using the AGNPS Model: the Waterfall river atachment, Penang, Malaysia*. University Sains, Malaysia.
- Satti S. R, Jacobs J. M. (2004). A GIS-based model to estimate the regionally distributed drought water demand. *Agric Water Manage* **66**:1-13.
- Sutan Haji, A. T. (2005). *Integrasi Model Hidrologi Sebar Keruangan dan Sistem Informasi Geografis untuk Prognosa Banjir Daerah Aliran Sungai*. Disertasi. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Vastila K., Kummu M., Sangmanee C., and Chivanno S. (2010). Modelling climate impacts on the flood pulse in the lower Mekong floodplains. *Journal of Water and Climate*.